

**PERBANDINGAN OPTIMASI BIODIESEL DARI MINYAK BIJI KELOR  
(*Moringa oleifera* Lam) MENGGUNAKAN METODE *RESPONSE SURFACE*  
*METHODOLOGY* (RSM) DAN ALGORITMA GENETIKA (AG).**



**Skripsi**

Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Mendapatkan Gelar  
Sarjana Sains Kimia Jurusan Kimia  
pada Fakultas Sains dan Teknologi  
UIN Alauddin Makassar

**Oleh:**

**KARMININGSIH**  
**NIM: 60500117051**

**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI ALAUDDIN MAKASSAR  
2021**

## PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Mahasiswa yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Karminingsih  
NIM : 60500117051  
Tempat/ Tgl. Lahir : Monta/ 08 Juni 1999  
Alamat : Villa Samata Sejahtera Gang Gantarangpangi 01  
Jurusan : Kimia  
Judul : Perbandingan Optimasi Biodiesel Dari Minyak Biji Kelor (*Moringa Oleifera Lam*) Menggunakan Metode *Response Surface Methodology* (RSM) Dan Algoritma Genetika (AG).

Menyatakan dengan sesungguhnya dan penuh kesadaran bahwa skripsi ini benar adalah hasil karya sendiri. Jika kemudian hari terbukti bahwa skripsi ini merupakan duplikat, tiruan, plagiat, atau dibuat oleh orang lain, sebagian atau seluruhnya, maka skripsi dan gelar yang diperoleh karenanya batal demi hukum.

Samata-Gowa, April 2021

Penyusun



Karminingsih  
NIM : 60500117051

## LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

Skripsi yang berjudul “Perbandingan Optimasi Biodiesel dari Minyak Biji Kelor (*Moringa oleifera* Lam) menggunakan Metode *Response Surface Methodolgy* (RSM) dan Algoritma Genetika (AG)” yang disusun oleh Karminingsih, NIM: 60500117051, mahasiswa jurusan Kimia pada Fakultas Sains dan Teknologi UIN Alauddin Makassar, telah diuji dan dipertahankan dalam sidang munaqassyah yang diselenggarakan pada hari Kamis, 15 Juli 2021 bertepatan dengan 5 Zulhijjah 1442 H, dinyatakan telah dapat diterima sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana dalam Ilmu Kimia.

Samata-Gowa, Kamis, 15 Juli 2021 M  
5 Zulhijjah 1442 H

### DEWAN PENGUJI

Ketua	: Prof. Dr. Muhammad Halifah Mustami, M.Pd.	(.....)
Sekretaris	: Dr. Rismawaty Sikanna, S.Si., M.Si.	(.....)
Munaqys 1	: Asriani Ilyas, S.Si., M.Si.	(.....)
Munaqys 2	: Dr. Hj. Rahmi Damis, M.Ag.	(.....)
Pembimbing 1	: Dr. H. Asri Saleh, S.T., M.Si.	(.....)
Pembimbing 2	: Aisyah, S.Si., M.Si.	(.....)

Diketahui Oleh:

Dekan Fakultas Sains dan Teknologi  
UIN Alauddin Makassar



Prof. Dr. Muhammad Halifah Mustami, M.Pd.  
NIP. 19710412 200003 1 001



## KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Alhamdulillahirobbil‘alamin, dengan memanjatkan puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayahnya kepada kita semua sehingga saya diberikan kesehatan dan kesempatan dalam menyelesaikan skripsi yang berjudul: **Perbandingan Optimasi Biodiesel Dari Minyak Biji Kelor (*Moringa oleifera* Lam) Menggunakan Metode *Response Surface Methodology* (RSM) dan Algoritma Genetika (AG).** Shalawat serta salam penulis kirimkan kepada baginda Rasulullah SAW yang karena perjuangannya membawa risalah islam hingga sampai saat ini. Tidak lupa pula salam penulis kirimkan kepada istri-istri Rasulullah, kepada para sahabat dan sahabiah, tabi’in dan tabi’un serta kepada orang-orang yang senantiasa istiqomah dan berjuang di jalan islam sampai takdir terbaik berlaku pada diri mereka.

Selama proses penyusunan skripsi ini tidak terlepas dari berbagai hambatan dan tantangan, tetapi semuanya dapat dilalui karena adanya dukungan, motivasi serta do’a yang tak henti-hentinya mengalir dari berbagai pihak. Ucapan terima kasih yang tulus kami berikan kepada:

1. Bapak Prof. Hamdan Juhanis, MA., Ph.D selaku Rektor Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar.
2. Bapak Prof. Dr. Halifa Mustami, M.Pd selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar.
3. Bapak Dr. H. Asri Saleh, S.T., M.Si selaku ketua Jurusan Kimia Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar.



4. Ibu Dr. Rismawaty Sikanna, S.Si., M.Si., selaku sekretaris Jurusan Kimia Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar.
5. Bapak Dr. H. Asri Saleh, S.T., M.Si selaku dosen pembimbing I yang tiada henti memberi masukan dalam penyusunan skripsi ini.
6. Ibu Aisyah, S.Si., M.Si selaku dosen pembimbing II yang selalu meluangkan waktu dalam memotivasi, sangat sabar mengarahkan dan memberi masukan terkait penyusunan skripsi ini.
7. Ibu Asriani Ilyas, S.Si., M.Si selaku penguji satu yang senantiasa memberi masukan dan kritik dalam melengkapi skripsi ini.
8. Bapak Dr. Muhsin Mahfudz, M.Ag selaku penguji dua yang senantiasa memberi masukan dan kritik dalam melengkapi skripsi ini.
9. Bapak-Ibu dosen Jurusan Kimia Fakultas Sains dan Teknologi atas ilmu-ilmu yang telah diberikan selama ini.
10. Para laboran Jurusan Kimia dan terkhusus untuk laboran Kimia Organik, Kak Nuraini S.Si yang senantiasa memberikan motivasi dan arahan selama penelitian.
11. Terima kasih untuk orang tua dan saudara-saudara yang telah mendukung, memotivasi dan selalu mendoakan selama ini.
12. Terima kasih kepada teman-teman keluarga besar ORB17AL yang senantiasa memberi dukungan bagi kami dalam menyelesaikan skripsi ini.
13. Terimakasih kepada Tim Organik ORB17AL, khususnya rekan satu tim saya Kartika Fatimah atas dukungan dan bantuannya selama proses penelitian sampai penyusunan skripsi ini.

14. Terimakasih kepada sahabat sejati saya Dewi sinta, Dewi Astuti, Muhammad Syailan dan Junaidin atas dukungan, motivasi serta nasehatnya selama proses penelitian sampai penyusunan skripsi ini.
15. Terimakasih terlebih khusus kepada diri sendiri yang sudah berjuang sekeras ini melewati setiap tantangan dan halangan dalam menyelesaikan penelitian sampai skripsi ini selesai sehingga saya dapat menyalang gelar sarjana sains kimia dalam kurun waktu tiga tahun sepuluh bulan.

Gowa, April 2021

**Penulis,**



Karminingsih



## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL .....</b>	<b>i</b>
<b>PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI.....</b>	<b>ii</b>
<b>PENGESAHAN SKRIPSI.....</b>	<b>iii</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>iv</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>vii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>ix</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>x</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>	<b>xi</b>
<b>ABSTRAK .....</b>	<b>xii</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>xiii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
A. Latar Belakang .....	1
A. Rumusan Masalah .....	5
B. Tujuan Penelitian.....	5
C. Manfaat Penelitian.....	6
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>7</b>
A. Energi Terbarukan.....	7
B. Biodiesel.....	8



C.	Transesterifikasi .....	10
D.	Minyak Biji Kelor ( <i>Moringa oleifera</i> Lam.) .....	12
E.	Response Surface Methodology (RSM) .....	15
F.	Algoritma Genetika (AG) .....	18
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....</b>		<b>22</b>
A.	Waktu dan Tempat .....	22
B.	Alat dan Bahan .....	22
C.	Prosedur.....	22
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>		<b>27</b>
A.	Hasil Penelitian .....	27
B.	Pembahasan .....	32
<b>BAB V PENUTUP.....</b>		<b>41</b>
A.	Kesimpulan.....	41
B.	Saran.....	41
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>		<b>42</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>		<b>48</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Grafik Produksi dan Konsumsi Biodiesel .....	9
Gambar 2.2 Reaksi Transesterifikasi untuk Produksi Biodiesel .....	12
Gambar 2.3 Biji Kelor ( <i>Moringa oleifera</i> Lam) .....	13
Gambar 2.4 Kurva Permukaan Respon .....	18



## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Syarat Mutu Biodiesel SNI 7182 .....	9
Tabel 2.2 Kandungan Asam Lemak (g/100 g) Minyak Biji Kelor .....	14
Tabel 2.3 Pemodelan CCD.....	17
Tabel 4.1 Rancangan Penelitian RSM .....	27
Tabel 4.2 Generate Data RSM.....	28
Tabel 4.3 Perbandingan Hasil Generate Data Eksperimen .....	28
Tabel 4.4 Hasil Konversi Biodiesel Prediksi RSM.....	29
Tabel 4.5 Perbandingan Hasil Konversi Penelitian dan Prediksi RSM .....	30
Tabel 4.6 Perbandingan Hasil Konversi Eksperimen dan AG.....	31
Tabel 4.7 Data Model Berdasarkan Ringkasan Secara Statistik .....	32
Tabel 4.8 Perbandingan Optimasi RSM-AG .....	32





## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Alur Penelitian Pelaksanaan Optimasi Algoritma Genetik .....	48
Lampiran 2 Diagram alir pelaksanaan penelitian secara keseluruhan .....	49
Lampiran 3 Data Sekunder Penelitian .....	50
Lampiran 4 Data Output MATLAB.....	51
Lampiran 5 Analisis Data.....	56



## ABSTRAK

**Nama** : Karminingsih  
**NIM** : 60500117051  
**Jurusan** ; Kimia  
**Fakultas** : Sains dan Teknologi  
**Judul** : “Perbandingan Optimasi Biodiesel Dari Minyak Kelor (*Moringa oleifera* Lam) Menggunakan Metode *Response Surface Methodology* (RSM) Dan Algoritma Genetika (AG)”.

---

Optimasi kondisi reaksi transesterifikasi minyak kelor menjadi biodiesel telah banyak dilakukan menggunakan metode RSM. Namun metode optimasi ini hanya memodelkan secara statistik ataupun matematis seperti pemodelan *Central Composite Design* (CCD) yang iterasinya sangat terbatas. Oleh karena itu, perlu dilakukan pemodelan lain menggunakan metode AG yang mampu melakukan iterasi berulang kali sampai mencapai konvergensi. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kondisi konsentrasi katalis, rasio metanol terhadap minyak dan waktu reaksi pada transesterifikasi minyak kelor dan hasil perbandingan optimasi *Central Composite Design* (CCD) RSM dan AG. Penentuan kondisi optimum dilakukan dengan metode RSM menggunakan 3 variabel yaitu konsentrasi katalis (1, 2, 3, 4 persen), rasio metanol terhadap minyak (0.1:1, 0.3:1, 0.5:1, 0.7:1, 0.8:1 volume/volume) dan waktu reaksi (69, 90, 120, 150, 170 menit). Parameter yang digunakan pada metode AG yaitu ukuran populasi 200 dengan jumlah iterasi 1000 kali. Kondisi optimum RSM pada transesterifikasi minyak kelor diperoleh pada konsentrasi katalis 3%, rasio metanol terhadap minyak 0.1 v/v dan waktu reaksi 120 menit dengan konversi metil ester sebesar 96,61% serta  $R^2$  sebesar 0,99288. Metode AG memperoleh kondisi optimum pada konsentrasi katalis 4%, rasio metanol terhadap minyak 0.3 v/v dan waktu reaksi 90 menit dengan konversi metil ester sebesar 97,09% serta  $R^2$  sebesar 0,93257.

**Kata Kunci:** Kelor (*Moringa oleifera* Lam), RSM, AG, CCD, Optimasi.

## ABSTRACT

**Name : Karminingsih**  
**NIM : 60500117051**  
**Majors : Chemistry**  
**Faculty : Science and Technology**  
**Topic : “Optimisation Comparison Of Biodiesel From Moringa oil (*Moringa oleifera* Lam) Using Response Surface Methodology (RSM) And Genetic Algorithms (GA)”.**

---

Optimization of the conditions for the transesterification reaction of *Moringa* oil into biodiesel has been carried out mostly using the RSM method. However, this optimization method only a statistical or mathematical model such as Central Composite Modeling (CCD) which have very limited iterative design. Therefore, it needs to be done using another model such the AG method which is able to repeat iterations times until it reaches convergence. The objective of this study is to know the conditions of the catalyst concentration, the ratio of methanol to oil and time of *Moringa* oil transesterification reaction and the comparison of central optimization results between Central Composite Design (CCD) RSM and AG. Determination of the optimal conditions is carried out with the RSM method using 3 variables, namely the catalyst concentration (1, 2, 3, 4 percent), methanol to oil ratio (0,1:1, 0,3: 1, 0,5:1, 0,7:1, 0,8:1 volume/volume) and reaction time (69, 90, 120, 150, 170 minutes) The parameters being used AG method is the number of 200 population with 1000 iterations times. The optimum RSM conditions for transesterification of *Moringa* oil were obtained at catalyst concentration 3%, methanol to oil ratio 0,1 v/v and reaction time 120 minute with a conversion of 96,61% methyl ester and  $R^2$  amounting to 0,99288. The AG method obtained the optimum conditions at a catalyst concentration of 4% methanol ratio to 0,3 v/v oil and reaction time 90 minutes with methyl ester conversion at 97,09% and  $R^2$  amounting to 0,93257.

**Key words:** Moringa (*Moringa oleifera* Lam), RSM, AG, CCD, Optimization



# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### ***A. Latar Belakang***

Bahan bakar minyak bumi termasuk salah satu sumber energi utama yang banyak digunakan di berbagai negara di seluruh dunia. Kebutuhan akan bahan bakar pada setiap tahunnya mengalami peningkatan yang cukup signifikan. Hal ini tentu didukung oleh tingginya kebutuhan dan permintaan pengguna dalam kehidupan sehari-hari sebagai pasokan utama untuk bidang industri, pertanian dan transportasi (Kasirajan, 2021: 4). Menurut Administrasi Informasi Energi AS (EIA) bahwa 80% konsumsi negara berasal dari bahan bakar fosil yang dimana penggunaannya mengalami peningkatan dari 95 barel per hari pada tahun 2015 menjadi 113 barel per hari pada tahun 2040. Untuk sektor transportasi saja mencapai 60% dengan peningkatan sebesar 0,7% per tahunnya (Monojkumar, dkk., 2020: 2).

Bila tidak dilakukan upaya-upaya eksplorasi suatu minyak baru atau sumber energi baru maka diprediksi akan terjadi kelangkaan bahan bakar minyak (Suryanto, 2018: 51). Menurut *Congressional Research Services* (CRS) pada tahun 2003 cadangan bahan bakar fosil dunia akan habis dalam kurun waktu 30 hingga 50 tahun mendatang (Zulfadli, dkk., 2015: 1). Permasalahan ini dapat diatasi dengan mencari solusi yang cepat dan tepat dalam penanggulangannya agar tidak memberikan dampak yang lebih buruk terhadap keberlangsungan aktivitas manusia. Salah satu cara adalah diperlukannya energi alternatif (Prawiradisastra, dkk., 2016: 73). Bahan bakar alternatif terbarukan telah diidentifikasi sebagai solusi yang mungkin dapat

mengatasi krisis energi dengan memproduksi bahan bakar berasal dari minyak tanaman atau bioenergi berupa biodiesel (Moyo, dkk., 2021: 1).

Biodiesel merupakan salah satu bahan bakar nabati terbarukan yang dapat dihasilkan dari minyak nabati dan lemak hewani (Manojkumar, dkk., 2020: 1). Saat ini salah satu yang memiliki potensi sebagai bahan baku dalam produksi biodiesel adalah minyak biji kelor (*Moringa oleifera* Lam) (Azad, dkk., 2015: 602). Biodiesel yang berasal dari minyak kelor memiliki sifat yang ramah terhadap lingkungan (Karthicheyan, 2019: 2).

Kandungan minyak pada biji kelor tergantung pada *genotipe*, kondisi agroklimat serta metode ekstraksi yang digunakan (Faisal, dkk., 2019: 2). Kandungan asam oleat yang tinggi pada biji kelor memenuhi batas standar (ASTM) dimana kadar asam oleat yang tinggi menghasilkan *cloud*, *flash* dan *pour point* yang baik selain itu kandungan karbon metilen bis-alilik yang rendah pada asam lemak memberikan densitas dan viskositas minyak yang memenuhi standar EN 14214 dan ASTM D6751 (Silva, dkk., 2010: 1528) sehingga memiliki kinerja yang lebih unggul dibandingkan dengan bahan bakar fosil (Azad, dkk., 2015: 605).

Dalam al-Qur'an telah dijelaskan terkait adanya beranekaragam tumbuhan yang bermanfaat yaitu dalam QS al-An'am/ 6 : 99 yang berbunyi sebagai berikut:

وَهُوَ الَّذِي أَنزَلَ مِنَ السَّمَاءِ مَاءً فَأَخْرَجْنَا بِهِ نَبَاتَ كُلِّ شَيْءٍ فَأَخْرَجْنَا مِنْهُ خَضِرًا..... ﴿٩٩﴾

Terjemahnya:

“Dan Dialah yang menurunkan air hujan dari langit, lalu Kami tumbuhkan dengan air itu segala macam tumbuh-tumbuhan, maka kami keluarkan dari tumbuhan-tumbuhan itu tanaman yang menghijau”. (Kementrian Agama, 2013).

Menurut Ibnu Katsir “Dan Dialah yang menurunkan air hujan dari langit,” sebagai berkah dan rezeki untuk para hamba, sebagai pertolongan untuk semua



makhluk, sebagai rahmat dari Allah untuk semua makhluk-Nya. “Lalu kami tumbuhkan dengan air itu segala macam tumbuh-tumbuhan maka Kami keluarkan dari tumbuh-tumbuhan itu tanaman yang menghijau”. Yakni tanaman dan pepohonan yang hijau”.

Penjelasan tersebut menggambarkan karunia yang telah Allah berikan kepada manusia tentang penciptaan berbagai macam jenis tumbuhan. Tumbuhan tersebut dapat di manfaatkan dalam kehidupan sehari-hari, baik sebagai bahan pangan ataupun digunakan dalam pembuatan biodiesel. Biodiesel ini berasal dari biji-bijian seperti biji kelor dalam keadaan matang banyak mengandung minyak.

Nasir, dkk., (2017: 33) memperoleh biodiesel dari minyak biji kelor hasil ekstraksi sokletasi dengan menggunakan pelarut n-heksan memperoleh nilai konversi 22,05 % hingga 35,83 %. Penelitian lain memperoleh nilai konversi biodiesel sebesar 82.53% (Masliah, 2018: 58). Pada penelitian Nurdyaningrum (2013) melakukan pemurnian dari minyak biji kelor menggunakan adsorben bentonit. Rendemen biodiesel yang diperoleh sebesar 87,23%.

Proses pembentukan biodiesel dari biji kelor (*Moringa oleifera* Lam) pada dasarnya melalui reaksi esterifikasi dan transesterifikasi. Hasil biodiesel yang diperoleh perlu dilakukan optimasi agar dapat mengoptimumkan suatu proses tanpa menggunakan banyak data percobaan sehingga dapat mengefisienkan biaya percobaan (Niju, dkk., 2019: 756). Perangkat yang dapat digunakan dalam mengoptimasi proses yakni menggunakan komputer atau yang dikenal dengan studi ilmu komputasi.

Metode optimasi komputasi antara lain, *Particle Swarn Optimization* (PSO), *Accelerated Particle Swam Optimization* (APSO) (Sungthonga dan



Assawinchaichooteb: 2016), Newton-Raphson (Wang, dkk., 2020), Halley (Haquey, dkk., 2016), Taguchi (Ibrahim, dkk. 2019), Algoritma Genetika (AG) (Gharsalli dan Geurin, 2021) dan *Response Surface Methodology* (RSM) (Ray, dkk., 2021).

Beberapa penelitian telah melakukan optimasi RSM terhadap hasil produksi biodiesel. Penelitian Rashid, dkk., (2011: 3041) menggunakan sampel minyak kelor dengan reaksi transesterifikasi model *central composite design* (CCD). Rasio metanol/minyak 6,5:1, konsentrasi katalis 0,80%, suhu 55 °C dan waktu reaksi 71,80 menit. Nilai konversi yang diperoleh sebesar 94,30%. Niju, dkk., (2019: 771) melakukan penelitian dengan sampel yang sama, reaksi dan model yang sama dengan kondisi optimal konsentrasi katalis 0,3%, rasio metanol/minyak 0,16 mL dan waktu reaksi 120 menit. Nilai konversi biodieselnnya sebesar 96,49%. Penelitian lain juga dilakukan Setiawan, dkk., (2017: 45) dengan mengoptimasi minyak jarak kepyar reaksi esterifikasi model CCD dengan kondisi optimum katalis 0,95% dengan suhu 65 °C dan waktu reaksi 150 menit, memperoleh nilai konversi sebesar 28.55%, sedangkan pada penelitian Putri, dkk., (2017: 16) menggunakan sampel *Jatropha curcas* L model CCD memperoleh kondisi optimum 120 menit pada suhu 60 °C dan perbandingan mol 1:5, memperoleh nilai konversi sebesar 12,887%. Hal ini menunjukkan adanya perbedaan hasil, karena optimasi RSM hanya berdasarkan pada hasil pemodelan CDD maka perlu dilakukan perbandingan hasil optimasi.

Huda (2015: 65) melakukan perbandingan optimasi eksperimental menggunakan kombinasi metode optimasi antara *Response Surface Methodology* (RSM) dan *Accelerated Particle Swarm Optimization* (APSO). Optimasi ini menggunakan data sekunder dari penelitian Solikhah (2010) dengan dua variabel

bebas yakni volume minyak sawit dan waktu reaksi dengan metil ester sebagai variabel terikat. Nilai konversi yang diperoleh untuk RSM sebesar 98,76123% (125,598 mL) dan APSO sebesar 99,69648% (125,0376 mL). Lutfi (2015: 44) melakukan penelitian lain dengan menggunakan data sekunder yang sama dengan metode kombinasi optimasi yang berbeda yaitu antara RSM dan Algoritma Genetika (AG). Nilai konversi yang diperoleh untuk RSM sebesar 125,598 mL dan AG sebesar 125,6382 mL.

Berdasarkan latar belakang diatas maka pada penelitian ini akan melanjutkan terkait bagaimana perbandingan hasil optimasi. Menggunakan metode RSM dan AG dengan tiga variabel bebas serta metil ester sebagai variabel terikat dengan data sekunder dari penelitian Niju, dkk., (2019).

#### **A. Rumusan Masalah**

Rumusan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana kondisi konsentrasi katalis, rasio metanol terhadap minyak dan waktu reaksi pada reaksi transesterifikasi minyak kelor menggunakan perbandingan RSM dan AG?
2. Bagaimana perbandingan hasil optimasi RSM pemodelan CCD dengan AG?

#### **B. Tujuan Penelitian**

Tujuan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui kondisi konsentrasi katalis, rasio metanol terhadap minyak dan waktu reaksi pada reaksi transesterifikasi minyak kelor menggunakan perbandingan RSM dan AG.
2. Mengetahui hasil perbandingan optimasi RSM pemodelan CCD dengan AG.

### ***C. Manfaat Penelitian***

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Memberikan informasi kepada masyarakat terkait pengembangan dan perbandingan pemodelan matematika yang lebih baik untuk memprediksi pengaruh konsentrasi katalis, rasio volumetrik metanol terhadap minyak dan waktu reaksi proses konversi trigeliserida menjadi biodiesel.
2. Memberikan kepada masyarakat terkait seberapa efektif penggabungan metode pemodelan optimasi antara RSM dan AG.





## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### ***A. Energi Terbarukan***

Bahan bakar alternatif telah mendapat banyak perhatian dalam beberapa kurun waktu terakhir ini. Hal ini dapat menjanjikan keamanan energi serta manfaat yang besar untuk lingkungan jika dibandingkan bahan bakar berbasis minyak bumi (Panchal, dkk., 2020: 20). Indonesia merupakan salah satu negara yang kaya akan sumber daya alam, terutama keberanekaragaman jenis tumbuh-tumbuhan yang banyak mengandung minyak nabati sehingga memberikan peluang yang cukup besar untuk mengembangkan, memproduksi serta menggunakan bahan bakar terbarukan sebagai energi cadangan (Hidayati, dkk., 2017: 1).

Menurut Nuva, dkk., (2019: 110) pengembangan biodiesel diyakini dapat menghasilkan manfaat bagi masyarakat dan daerah, seperti penciptaan lapangan kerja lokal pengadaannya banyak melibatkan masyarakat dari kelompok kurang mampu (Setiawan, dkk., 2017: 46), pembangunan infrastruktur, pemasukan pendapatan bagi pemerintah daerah dan ketergantungan nasional yang lebih kecil terhadap bahan bakar fosil dan impor energi serta meminimalisir dampak negatif bahan bakar fosil bagi lingkungan.

Menurut Prasetyo, dkk., (2019: 26) Indonesia akan menjadi negara penghasil utama biodiesel dunia. Hal ini dapat dilihat pada peningkatan produksi biodiesel di Indonesia, Indonesia sudah memproduksi biodiesel sebanyak 2 juta kiloliter pertahun dan terus mengalami peningkatan menjadi 5 juta kiloliter pertahun. Biodiesel dianggap sebagai alternatif yang paling bagus untuk dijadikan bahan bakar



konvensional karena sifatnya adalah *biodegradable*, tidak beracun, terbarukan dan merupakan bahan bakar yang sedikit mengandung rantai karbon, (Karthickeyan, 2019: 538) serta tidak berkontribusi terhadap penambahan atmosfer karbondioksida ( $\text{CO}_2$ ) pada saat pembakaran (Hajra, dkk., 2015: 2378).

### **B. Biodiesel**

Biodiesel terdiri dari alkil ester sederhana dari asam lemak yang berasal dari bahan baku lipid terbarukan seperti minyak nabati atau lemak hewani. Beberapa proses sebelumnya telah dikembangkan untuk produksi biodiesel yakni dengan melalui proses asam, alkali, enzim yang dikatalis dan non-katalis (Ezekannagha, dkk., 2017: 1001). Hasil penelitian menunjukkan bahwa biodiesel yang berkualitas harus mengandung konsentrasi yang relatif rendah dari metil ester asam serta memiliki suhu rendah dan stabilitas oksidatif yang memuaskan (Akubude, dkk., 2019: 219).

Biodiesel memiliki keunggulan antara lain, memiliki emisi karbon monoksida dan hidrokarbon lebih rendah, produksi asap lebih sedikit dibandingkan diesel yang diperoleh dari minyak bumi (Zaki, dkk., 36-37), tidak bersifat toksik, ramah lingkungan karena tidak mengandung sulfur serta emisi rendah, angka setana tinggi, viskositas tinggi dan mampu melumasi mesin (Adhari, dkk., 2016: 2) memiliki sifat pelumas yang baik, tidak perlu modifikasi mesin serta campuran biodiesel dan bahan bakar diesel dapat meningkatkan efisiensi mesin (Sisca, 2018: 30).

Penggunaan biodiesel untuk konsumsi memiliki dampak yang baik dalam negeri yakni dapat menghemat devisa sebesar US\$ 1,23 miliar (KESDM 2015). Berikut ini adalah grafik produksi dan konsumsi biodiesel:



(Gambar 2.1: Grafik produksi dan konsumsi biodiesel)  
(Sumber: KESDM, 2015)

Standar dari kualitas dan syarat mutu suatu minyak biodiesel dapat diketahui dengan menggunakan beberapa parameter Standar Nasional Indonesia (SNI). SNI untuk Biodiesel dikeluarkan oleh BSN dengan nomor SNI 7182:2015 dapat dilihat pada Tabel 2.1 berikut:

**Tabel 2.1** Syarat Mutu Biodiesel SNI 7182:2015

No.	Parameter Uji	Persyaratan	Satuan, min/maks
1	Massa jenis 40°C	850-980	Kg/m <sup>3</sup>
2	Viskositas kinematik pada 40°C	2.3-6.0	mm <sup>2</sup> /s (cSt)
3	Angka setana	51	Min
13	Angka asam	0.5	Mg-KOH/g, maks
14	Gliserol bebas	0,02	mg/kg, maks
15	Gliserol total	0.24	mg/kg, maks
16	Kasar ester metil	96.5	mg/kg, min
17	Kadar monogliserida	0.8	mg/kg, maks
18	Kestabilan oksidasi	36	Menit

### **C. Transesterifikasi**

Transesterifikasi adalah reaksi katalitik yang terlibat proses modifikasi molekul trigliserida yang bercabang menjadi molekul yang memiliki rantai lurus lebih kecil dengan proses alkoholisis dari trigliserida. Pada proses ini mengubah trigliserida menjadi alkil ester atau biodiesel dengan melalui reaksi transesterifikasi. Alkohol yang paling sering digunakan pada reaksi transesterifikasi adalah metanol (Fitriani, 2016: 9).

Menurut Juhari, dkk., (2019: 30) metanol merupakan alkohol yang paling umum digunakan selain dikarenakan harganya yang tidak terlalu mahal, metanol juga memiliki tingkat reaktifitas yang paling tinggi jika dibandingkan dengan jenis alkohol lainnya (sehingga reaksinya disebut metanolisis). Metanol juga termasuk variabel yang sangat penting dalam reaksi transesterifikasi karena memiliki pengaruh yang besar terhadap rendemen metil ester. Hal ini dikarenakan transesterifikasi merupakan reaksi bolak-balik, jika alkohol bersentuhan dengan asam lemak bebas maka terjadi pengikatan membentuk alkil ester (Kasirajan, 2021: 5), maka dari itu jumlah metanol yang direaksikan harus dalam jumlah besar agar dapat menggeser reaksi ke arah pembentukan metil ester (Hidayati, 2017: 3).

Selain itu, pemilihan katalis yang cocok juga memainkan peran penting dalam produksi biodiesel dalam reaksi transesterifikasi. Ada dua jenis katalis yang dapat digunakan dalam pembuatan biodiesel yakni katalis homogen dan heterogen. Katalis homogen umumnya, basa terlarut seperti kalium (K) dan natrium (Na) (Shan, dkk., 2018: 2).

Menurut Atiqoh, dkk., (2019: 221) pembuatan biodiesel direaksikan dengan katalis homogen dan pelarut serta minyak melalui proses transesterifikasi



mengakibatkan kompleksitas pada proses pemisahan sehingga membutuhkan biaya yang sangat mahal. Katalis homogen ini bersifat korosif terhadap reaktor serta sulit untuk daur ulangnya (Shan, dkk., 2018: 2). Jika proses pencucian dilakukan secara tidak sempurna, maka dapat membentuk produk samping berupa sabun (Kurniasih, dkk., 2017: 30), akibatnya katalis heterogen telah banyak dipelajari untuk menggantikan katalis homogen (Shan, dkk., 2018: 2).

Katalis heterogen memiliki keunggulan dibandingkan dengan katalis homogen, katalis heterogen berperan ganda dalam reaksi transesterifikasi karena keunggulan pemisahan dan usabilitas ulang (Shan, dkk., 2018: 277) atau katalis dapat diregenerasi dan digunakan kembali (Atiqoh, dkk., 2019: 222). Hal ini tentu mengurangi biaya produksi (Khan, dkk., 2020: 2). Selain itu, katalis heterogen juga memiliki keunggulan dimana selektivitas dan stabilitasnya tinggi dengan peningkatan hasil biodiesel (Ravi, dkk., 2020: 1), tidak korosif, ramah lingkungan karena lebih sedikit terbuang. Berdasarkan dari beberapa hasil penelitian menggunakan katalis ini memberikan potensi tinggi, kuat serta tahan lama sehingga dapat digunakan untuk asam lemak bebas sampai dengan 40% (Hartono, dkk., 2016: 2).

Salah satu contoh katalis heterogen adalah tembaga oksida ( $\text{CuO}$ ) sebagai katalis yang digunakan secara luas. Campuran oksida logam pada katalis ini memungkinkan untuk memperoleh katalis dengan bentuk padatan kristalinitas serta luas permukaan yang sangat tinggi sehingga mempermudah inti aktif dari katalis dapat menyebar dengan baik (Rohman dan Maharani, 2014: 36).

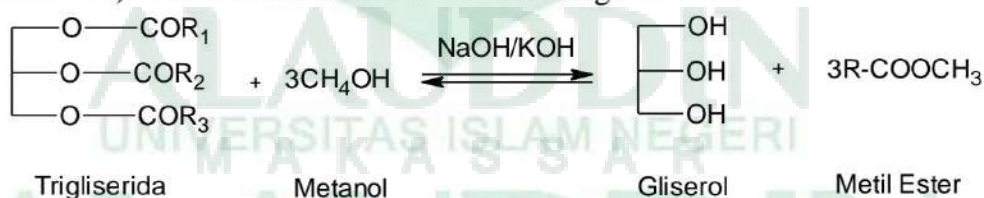
Selain tembaga oksida, jenis katalis heterogen lainnya juga ada kalsium oksida ( $\text{CaO}$ ). Material dari katalis ini dapat diperoleh dengan sangat mudah karena jumlah ketersediaannya di alam khususnya di Indonesia sangat melimpah. Sehingga



dalam pemanfaatannya sebagai katalis dalam reaksi transesterifikasi dapat meminimalisir biaya produksi. Selain itu jg, katalis CaO diketahui memiliki keunggulan lain yakni kelarutannya yang cukup rendah dalam pelarut metanol (Hidayati, dkk., 2017: 2). Berdasarkan hasil penelitian Hidayati, dkk., (2017: 5) penggunaan CaO sebagai katalis padat digunakan untuk memproduksi biodiesel yang memiliki pengaruh yang cukup besar terhadap rendemen biodiesel.

Menurut penelitian Zaki, dkk., (2019: 43) hasil transesterifikasi pada minyak buta-buta dengan metanol menggunakan CaO memperoleh konversi biodiesel mencapai 96,7 % sedangkan pada penelitian Ambone (2019) penambahan katalis CaO dengan konsentrasi berbeda memberikan pengaruh berbeda terhadap hasil rendemen biodiesel. Dimana pada penambahan katalis CaO 2 % diperoleh rendemen sebesar 78 %, untuk penambahan katalis 3 % memperoleh rendemen sebesar 82 %.

Secara stoikiometri, reaksi membutuhkan satu mol trigliserida dan tiga mol alkohol yang menghasilkan satu mol gliserol dan tiga mol alkil ester asam lemak, namun hasil terbaik dicapai dengan menambahkan alkohol berlebihan (Ariwibowo, dkk., 2019: 137). Reaksi transesterifikasi adalah sebagai berikut:



(Gambar 2.2: Reaksi transesterifikasi untuk produksi biodiesel)  
(Sumber: Ariwibowo, dkk., 2019: 137)

#### D. Minyak Biji Kelor (*Moringa oleifera* Lam.)

Kelor atau *Moringa oleifera* Lam adalah tumbuhan asli yang berasal dari benua India dan dapat ditemukan secara alami di daerah kering seperti Gurun Thar, di

India dan Pakistan. Saat ini, tumbuhan ini tumbuh hampir di seluruh dunia dengan iklim tropis maupun subtropis (Ayerza, 2019: 1).

Kelor masuk dalam keluarga *moringaceae*. Hampir semua bagian dari kelor seperti bunga, buah, daun dan bahkan akar bisa dikonsumsi sebagai sayuran. Ekstrak bunga kelor diketahui memiliki efek antimikroba. Selain itu biji dari buah kelor memiliki kandungan minyak nabati yang dapat dijadikan sebagai salah satu bahan baku dalam pembuatan biodiesel (Bhutada, dkk., 2015: 1).



(Gambar 2.3: Biji kelor (*Moringa oleifera*))  
(Sumber: [www.google.id](http://www.google.id))

Menurut Affandi (2019: 34-35) klasifikasi kelor adalah sebagai berikut:

*Kingdom : Plantae*

*Divisio : Magnoliophyta*

*Class : Magnoliopsida*

*Ordo : Brassicales*

*Famili : Moringaceae*

*Genus : Moringa*

*Spesies : Moringa oleifera L.*

Buah kelor memiliki karakter yang unik yaitu berbentuk menyerupai piramida segitiga dimana semakin lama akan memanjang dengan ukuran 20 cm sampai 65 cm. Buah kelor mengandung sekitar 20 biji berbentuk bulat. Buah ini dari kejauhan

bentuknya menyerupai buah kapuk yang telah matang ketika matang buah kelor berwarna kecoklatan hingga coklat tua kehitaman (Affandi, 2019: 39).

Menurut Rahim, dkk., (2019: 264) Biji kelor tua menyimpan kandungan minyak sebesar 35% dengan asam oleat yang tinggi sekitar 72,2%. Minyak dari biji kelor mengandung senyawa sterol, tokoferol dan flavanoid. Kandungan asam lemak pada biji kelor sangat bagus dikonversi sebagai metil ester. Kandungan asam lemak dalam 100 g minyak biji kelor dapat dilihat pada Tabel 2.2 berikut:

**Tabel 2.2** Kandungan Asam Lemak (g/100 g) Minyak Biji Kelor

Asam Lemak	Rumus Kimia	Komposisi (%)
Asam Palmitat	$C_{16}H_{32}O_2$	6.5
Asam Palmitoleat	$C_{16}H_{30}O_2$	2.0
Asam Stearat	$C_{18}H_{36}O_2$	6.0
Asam Oleat	$C_{18}H_{34}O_2$	72.2
Asam Linoleat	$C_{18}H_{32}O_2$	1.0

(Azad, dkk., 2015: 604)

Minyak kelor memiliki kandungan asam linoleat yang lebih rendah (<4,2%) dibandingkan minyak nabati pada umumnya seperti minyak kedelai, kelapa sawit dan kanola. Studi terbaru menunjukkan bahwa minyak kelor memiliki kinerja yang lebih baik dari pada beberapa minyak konvensional seperti minyak kanola, kelapa sawit dan kedelai. Hal ini dikarenakan tingkat stabilitas oksidatif yang baik pada minyak kelor sehingga sangat berpotensi sebagai sumber energi alternatif terbarukan (Zhong, dkk., 2018: 1).

Tanaman sangat berpotensi dijadikan sebagai sumber energi alternatif seperti yang telah dijelaskan dalam QS Yaasiin/ 36: 80 sebagai berikut:



الَّذِي جَعَلَ لَكُم مِّنَ الشَّجَرِ الْأَخْضَرِ نَارًا فَإِذَا أَنتُم مِّنْهُ تُوقِدُونَ ﴿٦٠﴾

Terjemahnya:

“Allah yang menjadikan api untukmu dari kayu yang hijau, maka seketika itu kamu nyalakan (api) dari kayu itu” (Kementerian Agama, 2013).

Menurut Quraish Shihab dalam Tafsir Al-Misbah, ayat diatas dipahami oleh sementara ulama dalam arti Allah menciptakan pohon yang hijau dan mengandung air, lalu Dia menjadikan kayu itu kering sehingga manusia dapat menjadikannya kayu bakar bahkan dapat memperoleh api dengan menggesek-geseknya. Jika dari sesuatu yang basah, Dia dapat menjadikannya kering, sebaliknyaapun demikian. Manusia yang tadinya hidup, penuh cairan, Dia yang mematikannya sehingga hilang cairan dari tubuhnya. Tetapi, dari yang tanpa cairan itu atau yang telah mati itu, Dia dapat mencipta lagi sesuatu yang hidup kembali (Quraish Shihab, 2002: 198-199).

Uraian tersebut menjelaskan terkait kuasa Allah dalam penciptaan salah sumber energi berupa api yang berasal dari pepohonan. Dimana dalam keadaan kering jika menggesek-gesek antara kayu yang satu dengan yang lainnya maka akan terbentuk energi panas sehingga lama kelamaan akan keluar percikan api.

#### **E. Response Surface Methodology (RSM)**

Metode RSM merupakan suatu metode komputasi modern berdasarkan teknik matematika pada model (fungsi linear, polinom persegi dan lainnya). Untuk hasil eksperimen yang kemudian dirancang dan diverifikasi menggunakan teknik statistik sehingga diperoleh model yang sesuai (Irawati, dkk., 2019: 35). Dalam merancang suatu model maka diperlukan dua faktor utama, yakni variabel bebas (x) dengan faktor respon (y) agar dapat dianalisa lebih lanjut sehingga dapat mengoptimalkan respon tersebut (Setiawan, dkk., 2017: 49).



Metode ini secara luas digunakan pada bidang biologi, pertanian dan kimia terapan dan memberikan keuntungan dalam memprediksikan kondisi wilayah optimum suatu sistem (Apriliyanti, dkk., 2017: 225). Hasil analisis RSM dapat dilihat dengan cara menampilkan dalam bentuk kontur yang menghasilkan titik optimum (kondisi optimum) berupa optimasi maksimum, minimum atau *saddle point* (Hilmi dan Prastujati, 2020: 2). RSM dapat memberikan rincian interaksi dan efek kuadrat dari variabel proses yang terlibat yang tidak dapat dilakukan dengan menggunakan metode lain (Manojkumar, dkk., 2020: 2). Sehingga, metode ini tidak membutuhkan biaya dan waktu yang banyak (Baruna, 2019: 25).

RSM terdiri dari dua jenis desain yaitu *Central Composite Design* (CCD) dan *BoxBhenken Design* (BBD). Dimana kedua model ini untuk mempelajari variabel proses pada tingkat level masing-masing. CCD merupakan model yang sukses dan paling banyak digunakan untuk optimasi berbagai proses pada lima level (+ $\alpha$ , +1, 0, -1, - $\alpha$ ). Sedangkan pada pemodelan BBD hanya ada tiga level saja yaitu (+1, 0, -1) (Manojkumar, dkk., 2020: 2-3).

Model yang sering digunakan untuk RSM adalah model polynomial orde 1 dan orde 2, pada model orde I, perlu dilakukan uji kecocokan model untuk melihat tepat atau tidaknya dugaan model yang dilakukan. Apabila model tidak linier atau terdapat pola lengkung (*curvature*), maka model orde 1 tidak cocok maka akan digunakan model orde 2 (Tua S, dkk., 2016: 2).

Jika terdapat hubungan linear antara variabel bebas dengan respons, maka model ordo 1 dapat digunakan mengikuti persamaan sebagai berikut.

$$Y = \beta_0 + \sum_{i=1}^k \beta_i X_i + \varepsilon \quad \dots\dots\dots (2.1)$$

Dengan Y adalah respons, X adalah variabel bebas,  $\beta_0$  adalah intersep dan  $\beta_i$  adalah koefisien linier dan  $\epsilon$  adalah galat.

Pulungan, dkk., (2020-3-4) melakukan optimasi kondisi dengan menggunakan metode optimasi RSM dengan 2 faktor dan 4 respon. Dari faktor dan respon tersebut diperoleh 13 perlakuan dapat dilihat pada tabel 2.3 sebagai berikut:

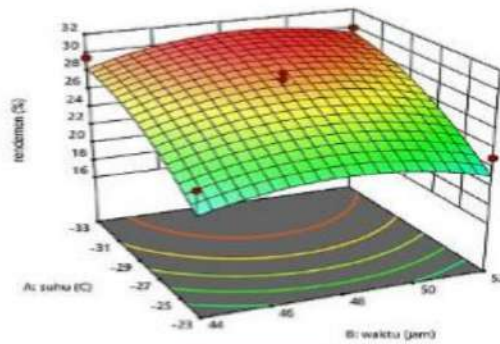
**Tabel 2.3** Pemodelan CCD

No	Suhu Pembekuan (°C)	Lama Pembekuan (Jam)	Rendemen
1	-33.00	44.00	29.46
2	-23.00	44.00	23.81
3	-33.00	52.00	29.93
4	-23.00	52.00	23.05
5	-35.07	48.00	30.25**
6	-20.92	48.00	17.66*
7	-28.00	42.34	22.23
8	-28.00	53.66	23.82
9	-28.00	48.00	29.78
10	-28.00	48.00	29.13
11	-28.00	48.00	26.87
12	-28.00	48.00	28.36
13	-28.00	48.00	28.14

Keterangan: \* = Nilai terendah, \*\* = Nilai tertinggi.

(Pulungan, dkk., 2020: 8).

Berdasarkan tabel hasil pemodelan CCD (Tabel 2.3) diperoleh nilai rendemen terendah 17,66% dengan suhu 20,92 °C dan nilai rendemen tertinggi 30,25 dengan suhu -35,07 °C. Respon permukaan untuk faktor suhu dan lama pembekuan terhadap respon rendemen dapat dilihat pada gambar 2.1 dibawah ini:



(Gambar 2.4: Kurva Permukaan respon)  
(Pulungan, dkk., 2020: 8).

Meskipun hasil optimasi dengan menggunakan RSM mempunyai keunggulan akan tetapi hasil optimasi dari RSM hanya diambil berdasarkan hasil pemodelan dari CCD saja. Alternatif lain yang dapat digunakan dalam mengoptimasi hasil biodiesel adalah menggunakan metode algoritma genetika (Bemani, dkk., 2019: 113).

#### **F. Algoritma Genetika (AG)**

Algoritma genetika (AG) pertama kali dikemukakan oleh John Holland awal tahun 1975 (Josi, 2017: 77). AG termasuk metode komputasi yang dapat didefinisikan sebagai teknik pencarian berdasarkan mekanisme evolusi biologis yang meniru teori Darwin dan operasi genetika pada suatu kromosom (Ribeiro, dkk., 2015: 348). Metode optimasi ini sering digunakan untuk menyelesaikan permasalahan optimasi (Ahyana dan Jumaryadi, 2019: 113). AG memiliki perbedaan dari metode pencarian lain karena menggunakan aturan transisi probabilitas menggantikan aturan deterministik dan pencarian di dalam populasi (Ighose, dkk., 2017: 232), seperti reproduksi, *crossover* dan mutasi (Hajra, dkk., 2380) tanpa harus menguji satu-persatu. Pemilihan operator yang tepat memberikan keberhasilan dalam memperoleh solusi (Mustafa, dkk., 2017: 50).

Menurut Tupan, dkk., (2017: 2) tahapan AG dapat diuraikan sebagai berikut:

##### **1. Representasi atau pengkodean**

Sebelum melakukan optimasi maka perlu dilakukan pengkodean atau merepresentasikan terhadap suatu permasalahan. Pengkodean dalam AG dapat



menggunakan kode bilangan biner, real, nilai (value) maupun huruf. Tujuan pengkodean ini yaitu untuk menghasilkan gen dalam suatu kromosom.

## 2. Menghitung Nilai Fitness Setiap Individu

Untuk melihat seberapa baik nilai individu atau solusi yang diperoleh maka perlu melihat nilai fitness yang dikeluarkan. Nilai fitness dapat menentukan nilai maksimal dan minimum dari suatu permasalahan. Selain itu nilai fitness dapat menentukan pemilihan kromosom-kromosom terbaik agar mengalami proses *crossover* dan mutasi dalam GA. Fungsi fitness  $f(x)$  dapat berupa suatu persamaan bebas sehingga memberikan nilai batasan pada setiap variabelnya.

## 3. Seleksi

Proses seleksi berfungsi untuk melakukan pemilihan dua kromosom individu sebagai parent atau orang tua dalam proses *crossover*, sehingga diperoleh kromosom baru. Proses seleksi dapat dilakukan dengan memilih kromosom individu dengan nilai objektif terkecil atau fitness terbesar. Hal ini disebabkan pada proses optimasi dicari solusi permasalahan dengan nilai total daya reaktif terdampak yang paling kecil.

## 4. Crossover

Proses *crossover* atau yang dikenal dengan proses menyilangkan dua kromosom induk hasil seleksi. Teknik *crossover* yang paling sederhana yang sering digunakan yaitu menggunakan teknik *crossover* satu titik potong (*one point crossover*), dua titik potong (*two point crossover*) dan multi titik potong (*multi point crossover*). Berikut ini adalah satu contoh teknik *crossover* yaitu teknik dua potong dapat dilihat dibawah ini:

Parent 1

1	0	0	0	0	1	1	1	0
---	---	---	---	---	---	---	---	---

Parent 2

1	0	1	1	0	0	0	0	0
---	---	---	---	---	---	---	---	---

Sehingga hasil *crossover* dari dua induk tersebut adalah sebagai berikut:

Anak 1

1	0	1	1	0	0	0	1	0
---	---	---	---	---	---	---	---	---

Anak 2

1	0	0	0	0	1	1	0	0
---	---	---	---	---	---	---	---	---

(Gambar 2.5: Proses *two point crossover*)

(Sumber: Iryanto dan Ismantohadi, 2017: 26)

## 5. Mutasi

Proses mutasi gen-gen dari suatu kromosom individu akan memperoleh suatu kromosom individu baru dengan nilai Fitness yang lebih baik. Berikut teknik mutasi sebagai berikut:

Kromosom awal

0	1	0	1	1	1	0	0
---	---	---	---	---	---	---	---

Hasil mutasi

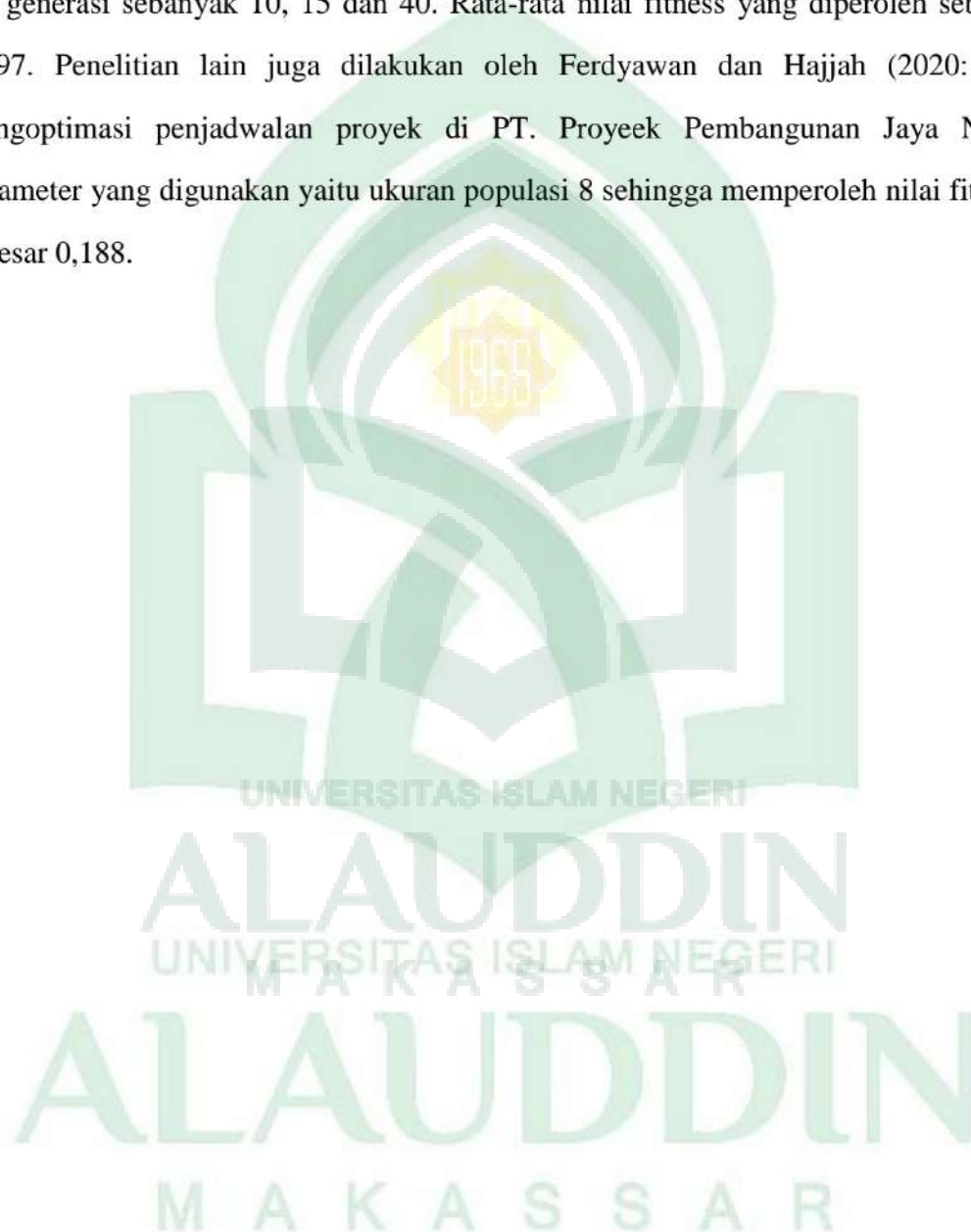
0	1	0	0	1	1	0	0
---	---	---	---	---	---	---	---

(Gambar 2.6: Proses mutasi)

(Sumber: Iryanto dan Ismantohadi, 2017: 27).

Wahid dan Mahmudy (2015: 1) mengoptimasi komposisi makanan bagi penderita kanker limfoma menggunakan parameter algoritma genetika. Parameter yang digunakan antara lain generasi 10 dengan jumlah populasi sebesar 100 sehingga memperoleh nilai fitness 0,014368925761149. Pada penelitian Hasyir (2019: 41) mengoptimasi komposisi makanan bagi penderita kolestrol dengan ukuran populasi 100 diperoleh nilai fitness sebesar 0,18575847.

Penelitian Purnomo, dkk., (2019; 1) mengoptimasi komposisi makanan bagi penderita hipertensi. Parameter yang digunakan yaitu ukuran populasi 3, 6, 9, 12 dan 15, generasi sebanyak 10, 15 dan 40. Rata-rata nilai fitness yang diperoleh sebesar 20,97. Penelitian lain juga dilakukan oleh Ferdyawan dan Hajjah (2020: 50) mengoptimasi penjadwalan proyek di PT. Proyeek Pembangunan Jaya Nika. Parameter yang digunakan yaitu ukuran populasi 8 sehingga memperoleh nilai fitness sebesar 0,188.





### **BAB III**

## **METODOLOGI PENELITIAN**

### **A. Waktu dan Tempat**

Penelitian akan dilakukan pada bulan Agustus 2020-Februari 2021 di Laboratorium Kimia Organik dan Laboratorium Kimia Fisika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar.

### **B. Alat dan Bahan**

#### **1. Alat**

Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini adalah perangkat keras *Processor Intel ® Celeron ® CPU @ 1.10 GHz, RAM 2.00 GB*. Perangkat lunak *MATLAB R2020a Corporation 64-bit, Windows 10 Pro ©2016 Microsoft Corporation 64-bit* dan *Microsoft Office Excel Professional @2010*.

#### **2. Bahan**

Bahan yang digunakan diambil dari data sekunder yang diperoleh dari penelitian Niju (2019) proses transesterifikasi minyak kelor dengan katalis asam dan transesterifikasi variabel terkontrol seperti konsentrasi katalis (1-4% berat), rasio metanol terhadap minyak (0,1-0,8 v/ v) dan waktu reaksi (69-170 menit) dengan metil ester sebagai variabel terikat.

### **C. Prosedur**

#### **1. Generate Data RSM (Niju, 2019)**

*Generate data RSM (Niju, 2019) dengan metode Central Composite Design (CCD) menggunakan aplikasi MATLAB 2020a dengan cara membuat rancangan penelitian dengan menginput data sekunder berupa variabel bebas (Niju, dkk., 2019) pada command windows MATLAB 2020a sehingga diperoleh rancangan penelitian*

seperti data pada tabel 1 (Niju, dkk., 2019). Setelah itu, perintah dari *command windows* di *run* agar diperoleh data desain penelitian berupa reaksi (A, B dan C) secara random sebanyak 17 *run*. Kemudian nilai konversi biodiesel hasil penelitian di input pada perintah *e\_out* (keluaran) sehingga diperoleh data desain penelitian seperti pada tabel 5 (Niju, dkk., 2019).

## 2. Optimasi RSM

Setelah diperoleh *generate* data eksperimen. Kemudian untuk menghasilkan model yang teoritis maka prompt perintah yang dapat tulis pada *command windows* adalah :

```
% generate the theoretical model
stat out = regstats(e out,react,'quadratic');
```

Dimana perintah *regstats* adalah diagnosa regresi yang akan mengambil input data reaksi (A, B dan C) dan *e\_out* (nilai konversi biodiesel penelitian). Sehingga diperoleh model regresi dengan jenis dependabilitas (kuadrat). Untuk output dari perintah ini dapat dilihat pada *stat\_out*. Meliputi data (T, R, beta, covb, Yhat, r, mse, persegi, adjrsquare, leverage, alas topi, S2\_i, beta\_i, standar, studres, dfbetas, diffit, dffits, rasio, masak, tsat, fstat dan dwsat).

Data yang akan menjadi fokus pada output ini adalah berupa data *Mean squared error* (MSE) untuk menjelaskan terkait rata-rata kesalahan kuadrat antara hasil prediksi dengan nilai sebenarnya, *rsquare* ( $R^2$ ) dan *adjusted square* menjelaskan tentang statistik kecocokan model, nilai koefisien determinasi ( $R^2$ ) menunjukkan ukuran terbaik suatu fit dari model. Model akan dikatakan memiliki probabilitas lebih baik dari fit jika nilai *adjusted- $R^2$*  >  $R^2$ . Akan tetapi pada umumnya nilai *adjusted- $R^2$*  kurang dari  $R^2$ .

Untuk menghasilkan persamaan akhir pada penelitian ini yakni dapat dilihat pada jendela perintah MATLAB data *stat\_out.beta* di *workspace*. Perintah tersebut dapat ditulis sebagai berikut:

```
% persamaan akhir
rsm_out(i) = stat_out.beta(1) +
    stat_out.beta(2) * react(i,1) + ...
    stat_out.beta(3) * react(i,2) +
    stat_out.beta(4) * react(i,3) + ...
    stat_out.beta(5) * react(i,1) * react(i,2) +
    ...
    stat_out.beta(6) * react(i,1) * react(i,3) +
    ...
    stat_out.beta(7) * react(i,2) * react(i,3) +
    ...
    stat_out.beta(8) * (react(i,1)).^2 + ...
    stat_out.beta(9) * (react(i,2)).^2 + ...
    stat_out.beta(10) * (react(i,3)).^2;
```

Terakhir untuk menampilkan plot regresi hasil RSM yakni dengan cara menginput nilai *e\_out* (konversi biodiesel penelitian) dengan nilai *rsm\_out* (konversi biodiesel prediksi) pada perintah MATLAB yakni sebagai berikut:

```
% membaca koefisien persamaan akhir hasil rsm
plotregression(e_out,rsm_out,'RSM')
```

## 2. Optimasi AG

Untuk optimasi menggunakan algoritma genetika (AG) dapat dilakukan dengan cara pertama menentukan variabel bebas (independen) dimana di peroleh dari data reaksi (A, B dan C). Untuk variabel tak bebas (dependen) diperoleh dari hasil konversi biodiesel prediksi pada RSM.



Fungsi objektif dari AG dapat diperoleh dengan menggunakan perintah pada *command windows* sebagai berikut:

```
% Objective Function
F = @(b,x)
b(1)+b(2)*x(:,1)+b(3)*x(:,2)+b(4)*x(:,3)+...
b(5)*x(:,1).*x(:,2)+b(6)*x(:,1).*x(:,3)+...
b(7)*x(:,2).*x(:,3)+b(8)*x(:,1).*x(:,1)+...
b(9)*x(:,2).*x(:,2)+b(10)*x(:,3).*x(:,3) ;
```

Untuk memperoleh fungsi fitnessnya yakni dengan cara menginput fungsi objektif dengan data nilai konversi biodiesel prediksi RSM atau langsung mengetik perintah pada *command windows* pada MATLAB yaitu sebagai berikut:

```
% Fitness Function
ftnsfcn = @(b) norm(xd - F(b,xi));
```

Setelah itu masuk ke tahap reproduksi, pada tahap ini akan mengembalikan populasi matriks ke populasi akhir yang dapat dihitung menggunakan perintah sebagai berikut:

```
% for reproducibility
[x,fval,exitflag,output,population,score] =
ga(ftnsfcn, 10);
ga_out = F(x,xi);
```

Koefisien persamaan hasil AG dapat dilihat dengan cara mengetik perintah pada *command windows* yaitu sebagai berikut:

```
% membaca koefisien persamaan akhir hasil ga

ga_coeff = x';
```

Kemudian untuk menampilkan plot regresi hasil AG dengan cara menginput nilai *e\_out* dan *ga\_out* dengan menggunakan perintah sebagai berikut:

```
% menampilkan plot regresi hasil ga
figure ;
plotregression(e_out,ga_out,'Genetic Algorithm');
```

#### 4. Perbandingan Hasil Optimasi RSM dan AG

Perbandingan hasil optimasi RSM dan AG dapat dilakukan dengan cara membandingkan:

- a) Nilai koefisien korelasi dengan nilai  $R > 0,7$  maka nilai ini yang dianggap sebagai ukuran efek yang kuat.
- b) Nilai optimum (konversi metil ester (biodiesel)) dengan melihat nilai output RSM dan AG menggunakan persamaan sebagai berikut:

Output = value pertama (konstanta) + value kedua x reaksi (1) + value ketiga x reaksi (2) + value keempat x reaksi (3) + value kelima x reaksi (1) x reaksi (2) + value keenam x reaksi (1) x bereaksi (3) + value ketujuh x bereaksi (2) x bereaksi (3) + value kedelapan x bereaksi (1)<sup>2</sup> + value kesembilan x bereaksi (2)<sup>2</sup> + value kesepuluh x bereaksi (3)<sup>2</sup>, dan seterusnya.

## BAB IV

### Hasil dan Pembahasan

#### A. Hasil Penelitian

##### 1. Generate Data RSM

##### a) Tabel Pengamatan

Berikut ini adalah tabel hasil rancangan penelitian RSM pemodelan CCD dengan menggunakan lima level dan tiga kode sehingga diperoleh 17 *run* secara random. Data tersebut dapat dilihat pada tabel sebagai berikut:

**Tabel 4.1** Rancangan Penelitian RSM

Kode	Nama	Unit	Level				
			$-\alpha$	-1	0	+1	$+\alpha$
A	Konsentrasi katalis	Persen berat	1,32	2	3	4	4,68
B	rasio methanol	Volume/volume	0,16:1	0,3:1	0,5:1	0,7:1	0,84:1
C	waktu reaksi	Menit	69,55	90	120	150	170,45



**Tabel 4.2** *Generate data RSM*

<i>Run</i>	A: Katalis (%)	B: Rasio Metanol (vol/vol)	C: Waktu Reaksi (Menit)	konversi Biodiesel Eksperimen (%)
1	2	0,3000	90	74,23
2	2	0,3000	150	78,66
3	2	0,7000	90	62,11
4	2	0,7000	150	77,19
5	4	0,3000	90	93,68
6	4	0,3000	150	95,14
7	4	0,7000	90	69,22
8	4	0,7000	150	81,56
9	1,32	0,5000	120	56,49
10	4,68	0,5000	120	79,21
11	3	0,1600	120	94,42
12	3	0,8400	120	76,65
13	3	0,5000	69,55	65,98
14	3	0,5000	170,45	86,99
15	3	0,5000	120	64,53
16	3	0,5000	120	65,22
17	3	0,5000	120	63,95

**Tabel 4.3** *Perbandingan Hasil Generate Data Eksperimen*

<i>Run</i>	Katalis (%)	Rasio Metanol (v/v)	Waktu Reaksi (Menit)	Konversi Biodiesel Ekperimen (%)	Konversi Biodiesel (Hasil Generate RSM) (%)
1	4	0,7	150	81,56	81,56
2	4	0,3	150	<b>95,14</b>	<b>95,14</b>
3	3	0,5	120	64,53	64,53
4	3	0,5	120	65, 22	65, 22
5	4	0,3	90	93,68	93,68
6	4	0,5	120	79,21	79,21
7	3	0,1	120	94,42	94,42
8	2	0,3	90	74,23	74,23
9	4	0,7	90	69,22	69,22
10	2	0,3	150	78,66	78,66
11	1	0,5	120	<b>56,49</b>	<b>56,49</b>
12	3	0,5	120	63,95	63,95
13	2	0,7	150	77,19	77,19
14	3	0,8	120	76,66	76,66
15	3	0,5	69	65,98	65,98
16	2	0,7	90	65,11	65,11
17	3	0,5	170	85,99	85,99

## 2. Optimasi RSM

### a) Tabel Pengamatan

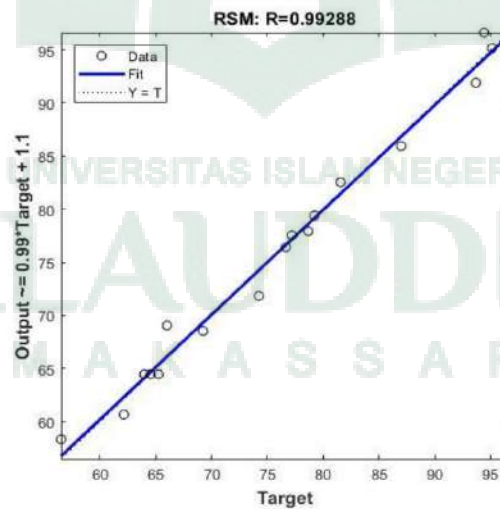
Berikut ini adalah tabel hasil prediksi konversi metil ester yang diperoleh pada optimasi RSM.

**Tabel 4.4** Hasil Konversi Biodiesel Prediksi RSM

<i>Run</i>	Katalis (%)	Rasio Metanol (vol/vol)	Waktu Reaksi (Menit)	Konversi Biodiesel RSM (%)
1	2	0,3	90	71,82
2	2	0,3	150	77,92
3	2	0,7	90	<b>60,67</b>
4	2	0,7	150	77,53
5	4	0,3	90	91,90
6	4	0,3	150	95,14
7	4	0,7	90	68,53
8	4	0,7	150	82,54
9	1	0,5	120	58,32
10	4	0,5	120	79,39
11	3	0,1	120	<b>96,61</b>
12	3	0,8	120	76,42
13	3	0,5	69	69,04
14	3	0,5	174	85,94
15	3	0,5	120	64,46
16	3	0,5	120	64,46
17	3	0,5	120	64,46

**Tabel 4.5** Perbandingan Hasil Konversi Penelitian dan Prediksi RSM

<i>Run</i>	Katalis (%)	Rasio methanol (vol/vol)	Waktu reaksi (Menit)	Konversi Biodiesel Eksperimen (%)	Konversi Biodiesel RSM (%)
1	2	0,3	90	74,23	71,82
2	2	0,3	150	78,66	77,92
3	2	0,7	90	62,11	60,67
4	2	0,7	150	77,19	77,53
5	4	0,3	90	93,68	91,90
6	4	0,3	150	<b>95,14</b>	95,14
7	4	0,7	90	69,22	68,53
8	4	0,7	150	81,56	82,54
9	1	0,5	120	<b>56,49</b>	<b>58,32</b>
10	4	0,5	120	79,21	79,39
11	3	0,1	120	94,42	<b>96,61</b>
12	3	0,8	120	76,65	76,42
13	3	0,5	69	65,98	69,04
14	3	0,5	174	86,99	85,94
15	3	0,5	120	64,53	64,46
16	3	0,5	120	65,22	64,46
17	3	0,5	120	63,95	64,46

**b) Grafik****Grafik 4.1:** Nilai Koefisien Korelasi RSM



### 3. Optimasi AG

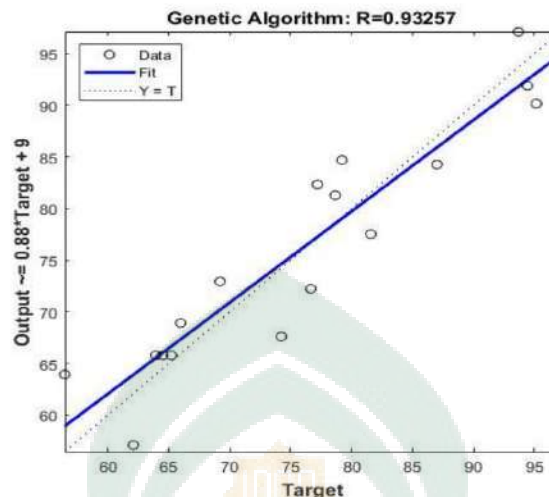
#### a) Tabel Pengamatan

Nilai koefisien yang digunakan dalam persamaan kuadrat diperoleh dari hasil pemodelan dengan melibatkan 200 populasi dengan perulangan sebanyak 1000 kali sehingga nilai tersebut dapat memengaruhi hasil prediksi konversi metil ester yang diperoleh pada AG. Sehingga diperoleh tabel sebagai berikut:

**Tabel 4.6** Perbandingan Konversi Biodiesel Eksperimen dan Prediksi AG

Run	Katalis (%)	Rasio Methanol (vol/vol)	Waktu Reaksi (Menit)	Konversi Biodiesel Eksperimen (%)	Konversi Biodiesel AG (%)
1	2	0,3	90	74,23	67,61
2	2	0,3	150	78,66	81,27
3	2	0,7	90	62,11	<b>57,13</b>
4	2	0,7	150	77,19	82,32
5	4	0,3	90	93,68	<b>97,09</b>
6	4	0,3	150	<b>95,14</b>	90,14
7	4	0,7	90	69,22	72,94
8	4	0,7	150	81,56	77,52
9	1	0,5	120	<b>56,49</b>	63,95
10	4	0,5	120	79,21	84,68
11	3	0,1	120	94,42	91,87
12	3	0,8	120	76,65	72,23
13	3	0,5	69	65,98	84,26
14	3	0,5	174	86,99	65,80
15	3	0,5	120	64,53	65,80
16	3	0,5	120	65,22	65,80
17	3	0,5	120	63,95	65,80

## b) Grafik



Grafik 2: Nilai Koefisien Korelasi AG

## 4. Perbandingan Hasil Optimasi

Tabel 4.7 Data Model Berdasarkan Ringkasan Secara Statistik

Source	R-square (R <sup>2</sup> )	Adj R-Square
‘Regstats’	0,9858	0,9697

Tabel 4.8 Perbandingan Optimasi RSM-AG

No.	Metode	Koefisien Korelasi (R <sup>2</sup> )	Nilai Optimum (%)
1	RSM	0,99288	96,61
2	AG	0,93257	97,09

## B. Pembahasan

## 1. Generate Data RSM

Penelitian ini menggunakan data hasil rancangan penelitian RSM (Niju, dkk., 2019). Adapun variabel-variabel yang digunakan pada penelitian ini, yaitu konsentrasi katalis, rasio metanol dan waktu reaksi. Level variabel yang digunakan

bervariasi antara lain, level minus alfa, rendah, menengah, tinggi dan positif alfa . Level konsentrasi katalis berkisar antara 1,3 - 4,6 %, level rasio metanol antara 0,1 - 0,8 v/v dan level waktu reaksi antara 69 - 170 menit. Dari data ini memperoleh jumlah *run*, reaksi dan hasil konversi metil ester yang sama persis dengan data hasil penelitian Niju, dkk., (2019). Data tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.1 dan Tabel 4.2.

Data pada Tabel 4.2 Hasil *generate* data eksperimen memperoleh nilai konversi metil ester tertinggi sebesar 95,14% pada kondisi konsentrasi katalis 4%, rasio metanol dengan minyak 0,3 v/v dan waktu reaksi 120 menit. Adapun Nilai konversi terendah diperoleh sebesar 56,49% pada kondisi konsentrasi katalis 1%, rasio metanol dengan minyak 0,5 v/v dan waktu reaksi 120 menit.

Pada penelitian terdahulu (Niju, dkk., 2019) memperoleh nilai konversi metil ester tertinggi sebesar 95,14% pada kondisi konsentrasi katalis 4%, rasio metanol dengan minyak 0,3 v/v dan waktu reaksi 120 menit. Nilai konversi terendahnya diperoleh sebesar 56,49% pada kondisi konsentrasi katalis 1%, rasio metanol dengan minyak 0,5 v/v dan waktu reaksi 120 menit.

Berdasarkan perbandingan data pada pada Tabel 4.3 menunjukkan adanya persamaan hasil pemodelan dan prediksi pengaruh parameter terhadap respon antara hasil *generate* data eksperimen dengan hasil eksperimen pada penelitian Niju, dkk., (2019). Hasil tersebut membuktikan tidak adanya pengaruh penggunaan aplikasi matematis yang berbeda terhadap rancangan penelitian. Dimana, pada penelitian Niju., dkk., (2019) menggunakan aplikasi *Desain Expert* (versi 11) sedangkan *generate* data eksperimen pada penelitian ini menggunakan aplikasi matriks laboratorium (MATLAB) (versi R2020a). Penggunaan aplikasi matematis MATLAB



ini berfungsi untuk mempermudah dalam mengkombinasi metode optimasi RSM dengan AG.

## 2. Optimasi RSM

Penelitian ini menggunakan data *run* dan reaksi pada Tabel 4.3 sehingga diperoleh nilai koefiesn yang menghasilkan persamaan kuadrat. Persamaan tersebut dalam metode RSM digunakan dalam memprediksi respon variabel terikat yaitu konversi metil ester terhadap variabel bebas (Yeni, dkk. 2014: 44).

Adapun model matematis dari persamaan kuadrat diperoleh sebagai berikut:

$$Y = 171,2483A + 7,422544A + (-228,483)B + (-1,21391)C + (-15,2483)B + (-0,02379)AC + 0,448542BC + 1,557506A^2 + 190,8069B^2 + 0,005119C^2$$

Keterangan:

Y = Konversi metil ester (Biodiesel) (%)

A = Konsentrasi Katalis (persen berat)

B = Rasio volumetrik methanol (vol/vol)

C = Waktu reaksi (menit)

Dari persamaan kuadrat yang dihasilkan maka nilai konversi metil ester diperoleh berkisar antara 58,32% - 96,61%. Nilai konversi biodiesel tertinggi diperoleh sebesar 96,61% pada kondisi konsentrasi katalis 3%, metanol dengan rasio volumetrik minyak 0,16 v/v dan waktu reaksi 120 menit. Nilai konversi biodiesel terendah diperoleh sebesar 58,32% dengan kondisi konsentrasi katalis 1,32%, rasio metanol dengan minyak 0,5 v/v dan waktu reaksi 120 menit. Data ini dapat dilihat pada Tabel 4.4.

Pengaruh variabel pada Tabel 4.5 menunjukkan adanya pengaruh konsentrasi katalis terhadap nilai konversi metil ester. Hal ini dapat dilihat pada peningkatan nilai konversi yang sejalan dengan kenaikan konsentrasi katalis pada waktu reaksi menengah (level 0) yakni 120 menit. Dapat dilihat pada ringkasan data pada tabel 4.5 di bawah ini:

<b>Run</b>	<b>Katalis (%)</b>	<b>Rasio metanol (v/v)</b>	<b>Waktu (menit)</b>	<b>Konversi Biodiesel (%)</b>
9	1	0,5	120	58,32
15	3	0,5	120	64,46
16	3	0,5	120	64,46
17	3	0,5	120	64,46
11	3	0,1	120	96,61
10	4,68	0,5	120	79,39

Prihanto dan Irawan (2017: 33) mengatakan jika semakin tinggi konsentrasi katalis dalam larutan, maka energi aktivasi suatu reaksi semakin kecil, sehingga biodiesel yang dihasilkan semakin tinggi. Akan tetapi, peningkatan konsentrasi katalis melebihi 4% mengakibatkan penurunan nilai konversi biodiesel. Hal ini disebabkan adanya peningkatan viskositas campuran reaksi (Niju, dkk., 2019: 767) yang dapat mengurangi laju perpindahan masa reaktan ke permukaan katalis (Hayati, dkk., 2017: 3).

Menurut Devitria, dkk (2013: 41) pada penelitiannya mengatakan bahwa semakin lama waktu reaksi, maka kemungkinan terjadi interaksi antar zat semakin besar sehingga akan menghasilkan konversi yang besar. Jika kesetimbangan reaksi sudah tercapai maka tidak dapat memperbesar hasil konversi. Pada penelitian ini, kesetimbangan waktu reaksi tercapai dalam waktu kurang lebih 120 menit maka dalam waktu yang lebih lama dari 120 menit tersebut, tidak memperbesar hasil konversi dikarenakan pada reaksi transesterifikasi terjadi proses kesetimbangan. Apabila sudah tercapai kesetimbangan, maka reaksi akan bergeser ke kiri sehingga memperkecil produk yang diperoleh.

Pada rasio metanol dengan minyak yang lebih rendah memperoleh nilai konversi metil ester tertinggi. Namun, nilai konversi yang lebih rendah diperoleh pada rasio metanol dengan minyak yang lebih tinggi. Hal ini disebabkan penggunaan



volume tinggi pada metanol secara signifikan mengakibatkan terjadinya penurunan konsentrasi katalis dalam larutan (Mendow : 2011). Penurunan konsentrasi katalis dalam larutan mengakibatkan adanya pengurangan jumlah metoksida yang menyerang trigliserida, sehingga biodiesel yang dihasilkan mengalami penurunan (Prihanto dan Irawan, 2017: 34).

Berdasarkan perbandingan data hasil konversi biodiesel eksperimen dengan optimasi RSM. Dimana nilai konversi biodiesel yang diperoleh pada optimasi RSM berkisar antara 58,32%-96,61%. Sedangkan pada penelitian Niju., dkk., (2019) memperoleh nilai konversi metil ester eksperimen berkisar antara 56,98% - 95,14% data tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.6.

Perbedaan hasil konversi juga terdapat pada penelitian Harfendi (2020: 23). Pada penelitian ini melakukan optimasi RSM terhadap proses ekstraksi jahe menggunakan metode MAE. Variabel-variabel yang digunakan pada penelitian tersebut yaitu ukuran partikel, daya dan waktu ekstraksi. Hasil rendemen berdasarkan optimasi diperoleh berada pada kisaran 2,90-4,54%. Nilai konversi pada hasil eksperimen hanya diperoleh berkisar antara 2,88-4,50%.

Penelitian lain juga telah dilakukan Putri, dkk., (2017: 29). Pada penelitian tersebut melakukan optimasi RSM terhadap proses ekstraksi reaktif dalam proses pembuatan biodiesel dari biji jarak pagar. Variabel-variabel yang digunakan pada penelitian tersebut yaitu waktu reaksi, suhu dan perbandingan mol. Berdasarkan hasil optimasi, yield tertinggi diperoleh sebesar 12,887%, sedangkan yield tertinggi pada eksperimen diperoleh sebesar 12,80%.

Terkait perbedaan hasil konversi antara hasil eksperimen dengan optimasi RSM disebabkan pada metode eksperimen klasik atau konvensional menggunakan



rancangan penelitian dengan cara pengambilan data secara menyeluruh dari semua faktor. Hal ini mengakibatkan metode ini sangat mudah terpengaruh terhadap berbagai faktor seperti misalnya, material, perlengkapan, manufaktor, tenaga kerja manusia serta kondisi-kondisi operasional, sehingga besar kemungkinan solusi yang diperoleh kurang maksimal. Sedangkan pada metode optimasi RSM menawarkan pemodelan dan solusi baik berupa proses maupun produk bersifat kokoh atau stabil (*robust*) terhadap berbagai faktor gangguan (*noise*) sehingga memperoleh solusi optimal yang sesuai dengan prediksi pengaruh parameter terhadap respon (Laluce, dkk., 2009).

### 3. Optimasi AG

Metode optimasi AG dilakukan dengan menggunakan beberapa parameter kontrol. Parameter yang digunakan antara lain, ukuran populasi dan jumlah generasi (jumlah iterasi atau pengulangan). Penelitian ini menggunakan ukuran populasi 200 dengan jumlah generasi sebanyak 1000 generasi atau dikenal dengan 1000 perulangan iterasi. Penggunaan parameter ini dapat mempermudah dalam mencari dan menemukan kecocokan solusi terbaik dalam AG (Sahu dan Nayak, 2019: 3).

Dari proses reproduksi antara parameter AG memperoleh persamaan kuadratik yaitu sebagai berikut:

$$Y = 108,2286 + 17,21502A + (-175,893)B + 0,59051C + (-17,0765)AB - (0,17176)AC + 3,01763A^2 + 140,5889B^2 + 0,00424C^2$$

Keterangan:

Y = Konversi metil ester (Biodiesel) (%)

A = Konsentrasi Katalis (persen berat)

B = Rasio volumetrik methanol (vol/vol)

C = Waktu reaksi (menit)

Terkait persamaan tersebut diperoleh nilai konversi metil ester berkisar antara 57,13% - 97,09% pada Tabel 4.6. Dengan kondisi konsentrasi katalis 4%, metanol

dengan rasio volumetrik minyak 0,3 v/v dan waktu reaksi 90 menit memperoleh nilai konversi biodiesel tertinggi adalah sebesar 97,09%. Sedangkan pada kondisi konsentrasi katalis 2%, metanol dengan rasio volumetrik minyak 0,7 v/v dan waktu reaksi 90 menit memperoleh nilai konversi biodiesel terendah sebesar 57,13%

Penelitian Niju., dkk., (2019) memperoleh nilai konversi metil ester eksperimen berkisar antara 56,98% - 95,14% data tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.6. Pada kondisi konsentrasi katalis 4%, metanol dengan rasio volumetrik minyak 0,3 v/v dan waktu reaksi 150 menit memperoleh nilai konversi tertinggi sebesar 95,14%. Pada kondisi konsentrasi katalis 1%, rasio metanol dengan minyak 0,5 v/v dan waktu reaksi 120 menit memperoleh nilai konversi biodiesel eksperimen terendah sebesar 58,32%.

Perbedaan nilai konversi antara hasil eksperimen dengan nilai prediksi AG dapat dilihat pada Tabel 4.8. Dimana metode optimasi AG memperoleh nilai konversi yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan hasil eksperimen. Hal ini disebabkan metode AG merupakan metode mekanisme evolusi biologis yang meniru teori Evolusi Darwin. Teori tersebut menggunakan beberapa parameter utama, seperti jumlah generasi dan ukuran populasi, sehingga dapat membantu dalam memperoleh solusi terbaik (Ahyana dan Jumadi, 2019: 113),

Pada penelitian ini menggunakan parameter jumlah generasi dan ukuran populasi. Jumlah generasi yang digunakan sebanyak 1000 generasi atau dikenal dengan 1000 perulangan iterasi. Penentuan jumlah generasi sangat berpengaruh terhadap kestabilan output dan lama iterasi, sehingga memberikan solusi yang optimal dan iterasi yang lama. Hal ini dikarenakan setiap generasinya akan diukur menggunakan nilai fitness. Semakin besar nilai fitness maka semakin baik solusi



yang diberikan. Jika jumlah generasinya terlalu sedikit, maka solusi yang dikeluarkan dikhawatirkan terjebak konvergensi prematur. Ukuran populasi yang digunakan yaitu sebanyak 200 populasi agar mencegah terjadinya konvergensi prematur, untuk itu digunakan 1000 iterasi dan 200 populasi sehingga memperoleh solusi yang optimum dengan konvergensi yang stabil.

#### 4. Perbandingan Optimasi RSM-AG

Hasil dari keluaran *Stat-out* dengan perintah *regastats* pada aplikasi MATLAB dilakukan untuk mendiagnostik regresi dengan mengambil input data pada tabel reaksi (variabel-variabel) dan tabel *e-out* (hasil konversi biodiesel eksperimen) sehingga diperoleh model regresi dengan jenis dependabilitas.

Data pada Tabel 4.7 diperoleh nilai R-square ( $R^2$ ) sebesar 0,9858 yang menunjukkan tentang statistik model dengan mengindikasikan model yang terbentuk memiliki hubungan terhadap variabel yang digunakan sebesar 98,58%. Model dapat dikategorikan sebagai model yang sesuai bila model tersebut memiliki  $R^2 > 0,75$ . Model secara statistik dapat dikategorikan cukup baik apabila nilai  $R^2$  mendekati nilai 1, model dapat diterima apabila model tersebut memiliki nilai  $R^2 > 0,50$  (Iksan dkk., 2017: 123). Nilai Adj R-Square diperoleh sebesar 0,9697, nilai ini berfungsi untuk melengkapi kelemahan pada R-square yakni untuk menunjukkan adanya pengaruh jumlah variabel terhadap nilai outputnya yakni dengan presentasi nilai sebesar 96,67% menjelaskan adanya pengaruh variabel (presentasi katalis, rasio metanol dengan inyak dan waktu reaksi), sedangkan 3,33% dipengaruhi oleh variabel lain. Pada umumnya nilai Adj R-Square selalu lebih kecil dari R-Square (Deon, dkk., 2020: 274).



Berdasarkan perbandingan nilai optimasi dari Tabel 4.8. Nilai koefisien korelasi RSM sebesar 0,99288 dengan nilai optimum sebesar 96,61. Nilai koefisien determinasi AG sebesar 0,93257 dengan nilai optimum 97,099%. Berdasarkan hasil optimasi diatas dengan melihat hasil konversi nilai biodiesel. Nilai tertinggi diperoleh pada metode AG.

Menurut Lalue, dkk., (2009) hasil optimasi pada metode AG memiliki nilai optimum yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan RSM. Hal ini disebabkan metode AG mengadaptasi proses genetika dan evolusi makhluk hidup. Nilai fitness ini harus dapat bertahan melalui serangkaian proses genetika sehingga memperoleh nilai yang optimum. Penentuan nilai fitness optimum pada metode AG berdasarkan nilai yang paling optimum dan tingkat konvergensi data, sedangkan pada metode RSM nilai fitness diperoleh berdasarkan hasil paling optimum pada pemodelan CCD dengan jumlah pengulangan beberapa kali saja.

Lutfi (2015) melakukan optimasi kombinasi metode RSM-AG dari minyak kelapa sawit yang berasal dari data sekunder penelitian (Solikhah, 2010). Menggunakan dua variabel bebas dan konversi metil ester sebagai variabel terikat. Nilai konversi metil ester untuk RSM diperoleh sebesar 125,598 mL dan AG memperoleh sebesar 125,6382 mL. Penelitian lain juga dilakukan Huda (2015) menggunakan data sekunder dan variabel yang sama dengan mengkombinasi metode optimasi antara RSM-APSO. Nilai konversi yang diperoleh untuk RSM 98,76123% (125,598 mL) dan APSO 99,69648% (125,0376). Jadi dapat disimpulkan bahwa metode optimasi yang memberikan solusi optimal yang lebih tinggi adalah AG.

## BAB V

### PENUTUP

#### **A. Kesimpulan**

Kesimpulan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Kondisi optimum metode RSM diperoleh pada konsentrasi katalis 3%, rasio metanol dengan minyak 0,16 v/v dan waktu reaksi selama 120 menit dengan nilai konversi metil ester sebesar 96,61%. Sedangkan AG memperoleh metil ester sebesar 97,099% pada konsentrasi katalis 4%, rasio metanol dengan minyak 0,3 v/v dan waktu reaksi berjalan selama 90 menit.
2. Berdasarkan hasil optimasi biodiesel menggunakan perbandingan metode antara RSM dan AG. RSM memiliki nilai  $R^2$  yang lebih besar yaitu 0,99288%, sedangkan AG memiliki nilai  $R^2$  yang lebih rendah dari RSM yaitu 0,93257%.

#### **B. Saran**

Saran untuk peneliti optimasi metode AG selanjutnya menggunakan sistem Fuzzy (SF) sebagai sistem tambahan untuk mengatur nilai probabilitas rekombinasi ( $P_c$ ) dan probabilitas mutasi ( $P_m$ ) selama proses evolusi agar memperoleh sebuah solusi optimasi yang lebih baik lagi.



## DAFTAR PUSTAKA

Al-Qur'an nul Karim

Adhari, dkk., "Pemanfaatan Minyak Jelantah Menjadi Biodiesel dengan Katalis ZnO Presipitasi Zink Karbonat: Pengaruh Wakt Reaksi dan Jumlah Katalis". *Jom FTEKNIK* 3, no. 2 (2016): hal. 1-7.

Affandi, Nurrochmat Najib. "*Kelor Tanaman Ajaib untuk Kehidupan yang Lebih Sehat*". Budi Utama: Yogyakarta, 2019.

Ahyana dan Jumaryadi. "Perencanaan Sistem Informasi Penjadwalan Mengajar Menggunakan Metode Algoritma Genetika (Studi Kasus SMK Satria Jakarta)". *Lembaga Penelitian dan Penerbitan Hasil Penelitian Ensiklopedia* 1, no. 2 (2019): hal. 112-116.

Akubude, dkk., "Poduction Of Biodiesel From Microalgae Via Nanokatalyzed Transesterification Process A Review". *Keai Chinese Roots Global Impact*. No. 2 (2019): hal. 216-255.

Akolo dan Azis. "Peningkatan Mutu Ikan Roa (*Hemiramphus* sp.) Asap dengan Response Surface Method-Central Composite". *Teknologi Hasil Pertanian* 7, no. 2 (2016): hal. 64-71.

Ambone, Dionisius. "Studi Pengaruh Katalis Basa Heterogen CaO Terhadap Produksi Biodiesel Berbahan Dasar Ampas Tahu Kota Kupang". *Skripsi*. Kupang: Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Katholik Widya Mandira Kupang, 2019.

Apriliyanti, dkk., "Optimasi Perlakuan Pendahuluan dan Pengeringan Untuk Meningkatkan Betasianin Teh Kulit Buah Naga". *RISTEDIKTI*. (2017): hal. 225-230.

Ariwibowo, dkk., "Kinetika Reaksi Tranesterifikasi Minyak Kedelai Menjadi Biodiesel Menggunakan Katalis Padat Ramah Lingkungan K<sub>2</sub>O/CaO-ZnO". *Teknik* 40, no. 3 (2019): hal. 136-141.

Atiqoh, dkk., "Sintesis Katalis CuO-ZNO/  $\Gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> untuk Pembuatan Biodiesel dari Minyak Biji Kapuk (*Ceiba pentandra* L)". *Teknik Kimia*. (2019): hal. 221-229.

Ayerza, Ricardo. "Seed characteristics, oil content and fatty acid composition of moringa (*Moringa oleifera* Lam.) seeds from three arid land location sin Ecuador". *Industrial Crops & Products* 140, no. 111575. (2019): hal. 1-3.

Azad, dkk., "Prospect of Moringa seed oil as a sustainable biodiesel fuel in Australia: A review". *Procedia Engineering* 105. (2015): hal. 601-606.

Az-Zuhaili, Syaikh Prof. Dr. Wahbah. Tafsir Ibnu Katsir. Pustaka Imam Asy-Syafi'i, 2009.

Baruna, Untung. "Optimasi Formula Edible Film Berbasis Tapioka dengan Penambahan Glidserol dan Minyak Sawit Menggunakan Metode Respon



- Permukaan". *Skripsi*. Bandar Lampung: Fakultas Pertanian niversitas Bandar Lampung, 2019.
- Bemani, Dkk., "Modeling of Cetane Number of Biodiesel From Fatty Acid Methyl Ester (FAME) Information Using GA-, PSO- and HGAPSO-, LSSVM Models". *Renewable Energy*. (2019): hal. 1-11.
- Bhutada, dkk., "Industrial Crops and Product". *Industrial Crops and Products*. (2015): hal. 1-7.
- Devitri, dkk., "Sintesis Biodiesel Dengan Katalis Heterogen Lempung Cengar Yang Diaktivasi Dengan NaOH: Pengaruh Waktu Reaksi Dan Rasio Molar Minyak: Metanol". *Kimia* 3, no. 2 (2013): hal. 39-44
- Ezekannagha, dkk., "Optimization Of The Methanolysis Of Lard Oil In The Production Of Biodiesel With Response Surface Methodology". *Egyptian Journal Of Petroleum* 26. (2017): hal. 1001-1011.
- Ferdyan dan Hajjah. "Penerapan Algoritma Genetika dalam Optimasi Penjadwalan Proyek". *Mahasiswa Aplikasi Teknologi Komputer dan Informasi* 2, no. 1 (2020): hal 50-55.
- Faisal, dkk., "Moringa Landraces Of Pakistan Are Potential Source Of Premium Quality Oil". *South African Journal Of Botany*. (2019): hal. 1-7.
- Fitriani. "Produksi Biodiesel dari Minyak Jelantah Melalui Transesterifikasi dengan Bantuan Gelombang Ultrasonik". *Skripsi*. Bandar Lampung: Fakultas Pertanian Universitas Lampung, 2016.
- Gharsalli dan Guerin. "Mechanical Sizing Of A Composite Launcher Structure By Hybridizing A Genetic Algoritim With A Local Search Method". *Composites* 5, no. 100125 (2021): hal. 1-8.
- Hajra, dkk., "Response Surface Method and Genetic Algorithm Assited Optimal Shyntesis Of Biodiesel From High Free Fatty Acid Sal Oil (*Shorea robusta*) Using Ion Exchange Resin at High Temperature". *Environmental Chemical Engineering* 3. (2015): hal. 2378-2392.
- Harfendi. "Optimasi Kondisi Ekstraksi Dari Jahe Merah (*Zingiber officinale*) Menggunakan Metode *Microwave Assited Extraction* (MAE) / *Response Surface Methodology* (RSM)". *Skripsi*. Makassar: Fakultas Sains dan Teknologi UIN Alauddin Makassar, 2020.
- Hartono, dkk., "Pembuat Biodiesel dari Minyak Dedak Padi dengan Katalis Homogen secara Asam dan Katalis Heterogen secara Basa". *Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah*. (2016): hal. 1-9.
- Hasyir, Jasriadi. "Implementasi Algoritma Genetika untuk Optimasi Komposisi Makanan Bagi Penderita Kanker Limfoma". *Skripsi*. Riau: Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri SUSKA, 2019.
- Hidayati, dkk., "Transesterifikasi Minyak Goreng Bekas dengan Katalis Kalsium Oksida". *Teknologi Bahan Alam* 1, no. 1 (2017): hal. 1-5.
- Hilmi dan Prastujati. "Optimasi Molase dan Tibicos sebagai Media Fermentasi dalam Memproduksi Nutraceutical Feed Additive Menggunakan Response

- Surface Methodology (RSM)". *Ilmu dan Teknologi Tropis* 7, no. 1 (2020): hal. 1-7.
- Huda, Ahmad Yasir. "Kombinasi Pemodelan-Optimasi Response Surface Methode Accelerated Particle Swarm Optimization (RSM-APSO) untuk Mengoptimalkan Hasil Transesterifikasi Minyak Kelapa Sawit". *Skripsi*. Malang: *Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Brawijaya*, 2015.
- Ibrahim, dkk., "Analisis Kepresisian Lobang Bor Pada Pemesinan Magnesium AZ31 Menggunakan Metode Taguchi". *Flywheel* 5, no. 1 (2019): hal. 29-33.
- Ighose, dkk., "Optimization Of Biodiesel Production From Thevetia Peruviana Seed Oil By Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System Coupled With Genetic Algorithm and Response Surface Methodology". *Energy Conversion and Management* 132. (2017) hal: 231-240.
- Irawati, dkk., "Optimasi Epoksidasi Fatty Acid Methyl Esters (FAME) Berbasis Palm Olein sebagai Aditif Pemlastis Cat". *Chemical Science* 8, no. 1 (2019) hal: 34-41.
- Iryanto dan Ismantohadi. "Optimasi Pemilihan Barang Dagangan bagi PedagangKeliling dengan Algoritma Genetika". *Teknologi Terapan* 3, no. 1 (2017): hal. 24-28.
- Juhari, dkk., "Pra Rancang Bangun Pabrik Biodiesel dari Biji Alpukat Menggunakan proses Transesterifikasi dengan Alat Utama Mixer". *Teknik Sipil dan Teknik Kimia* 3, no. 1 (2019): hal. 28-34.
- Josi, Ahmat. "Implementasi Algoritma Genetika Pada Aplikasi Penjadwalan Perkuliahan Berbasis Web Dengan Mengadopsi Model Waterfall". *Pengembangan IT (JPIT)* 02, no. 02 (2017): hal. 77-83.
- Karthicheyan, V. "Data Set For Effect Of Cetane Enhancer On Ceramic Coated Diesel Engine Fuelled With Neat *Moringa Oleifera* Methyl Ester". *Data In Brief* 24, no. 10932. (2019): hal. 1-5.
- Kasirajan, Ramachandran. "Biodiesel Production By Two Step Procces From An Energy Source Of Chrysophyllum albidum Oil Using Homogeneous Catalyst". *South African Journal Of Chemical Engineering*. (2021): hal. 11-17.
- Katsir, Imam Ibnu. *Tafsir Ibnu Katsir Jilid 4*. Terj. Hakim, Al-Adib, Zaini, Fajariyah dan Fatwa. Solo, Insan Kamil: 2017.
- Khan, dkk., "Sustainable biodiesel production from waste cooking oil utilizing waste ostrich (*Struthio camelus*) bones derived heterogeneous catalyst". *Fuel* 227, no. 118091 (2020): hal.1-10.
- Kurniasih, dkk., "Penggunaan Katalis Heterogen untuk Produksi Biodisel". *Science 9and Technology* 10, no. 1 (2017): hal. 30-34.
- Laluce, dkk., "Optimization Of Temperature Sugar Concentration And Inoculum Size To Maximize Ethanol Production Significant Decrease In Yeast Cell Viability". *Microbiology and Biotechnology* (2009): hal. 627-637.



- Luthfi, Muhammad Zulfikar. "Penerapan kombinasi pemodelan optimasi *response surface method genetic algorithm* (RSM-GA) dalam mengoptimalkan hasil transesterifikasi minyak kelapa sawit (*Elaeis guineensis*) menjadi biodiesel". *Skripsi*. Malang: *Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Brawijaya*, 2015.
- Manojkumar, dkk., "A Comprehensive review On The Application Of Response Surface Methodology For Optimization Of Biodiesel Production Using Different Oil Source". *Journal Of King Saud University-Engineering Science*. (2020): hal. 1-11.
- Masliah. "Penambahan Zat Antioksidan dari Ekstrak Etanol Daun Sirsak (*Annona muricata* L.) untuk Peningkatan Kestabilan Biodiesel dari Minyak Biji Kelor (*Moringa oleifera*)". *Skripsi*. Makassar: *Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar*, 2018.
- Mendow, dkk., "Biodiesel Production By Two-Stage Transesterification With Ethanol". *Bioresource Technology* 102. (2011): hal. 1047-10431.
- Moyo, dkk., "Application Of Response Surface Methodology For Optimization Of Biodiesel Production Parameters From waste Cooking Oil Using A Membrane Reactor". *South African Journal Of Chemical Engineering* 35. (2021): hal. 1-7.
- Mustafa, dkk., "Optimalisasi Menu Makan Diet Sehat Menggunakan Algoritma Genetika". *Informatika*. (2017): hal. 50-54.
- Nasir, dkk., "Pemanfaatan Ekstrak Biji Kelor (*Moringa oleifera*) untuk Pembuatan Bahan Bakar Nabati". *Teknik Kimia* 17, no. 3 (2010): hal. 29-34.
- Niju, dkk., "Optimization of acid catalyzed esterification and mixed metal oxide catalyzed transesterification for biodiesel production from *Moringa oleifera* oil". *Green Process Synt* 8, (2019): 756-775).
- Nurdyanigrum dan Nasrudin. "Pemurnian dan Karakteristik Biodiesel dari Minyak Biji Kelor (*Moringa Oleifera*) dengan Menggunakan Adsorben Bentonit". *UNESA Journal Of Chemistry* 2, no. 1 (2013): hal. 47-53).
- Nuva, dkk., "Ekonomi Politik Energi Terbarukan dan pengembangan Wilayah: Persoalan Pengembangan Biodiesel di Indonesia". *Ekonomi Manajemen*. (2019): hal. 110-118.
- Panchal, dkk., "Optimization Of Soybean Oil Transesterification Using An Ionic Liquid And Methanol For Biodiesel Synthesis". *Energy Reports* 6. (2020): hal. 20-27.
- Prasetyo, dkk., "Pembuatan Katalis CuO-ZnO dengan Penyangga gamma-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> untuk Transesterifikasi Minyak Biji Kapuk (*Ceiba Pentandra Cis-Trans* 3, no. 2 (2019): hal. 25-33.
- Prawiradisastra, dkk., "Metode Baru Untuk Perencanaan Penggunaan Lahan Industri Biodiesel Berkelanjutan Dengan Menggunakan Algoritme Genetika Tujuan Jamak". *Teknologi Informasi dan Multimedia*. (2016): hal. 73-78.



- Prihanto dan Irawan. "Pengaruh Temperatur, Konsentrasi Katalis Dan Rasio Molar Metanol Minyak Terhadap Yield Biodiesel Dari Minyak Goreng Bekas Melalui Proses Netralisasi-Transesterifikasi". *Metana* 13, no. 1 (2017): hal. 30-36.
- Pulungan, dkk., "Optimasi Proses Pembekuan Minyak Kelapa Murni (Virgin Coconut Oil) Menggunakan Metode RSM: Kajian Suhu dan Lama Pembekuan". *Pangan dan Agroindustri* 8, no.1(2020) hal. 1-12.
- Purnomo, dkk., "Algoritma Genetika untuk Optimasi Komposisi Makanan Bagi Penderita Hipertensi". *Teknologi dan Sistem Komputer* 7, no.1 (2019): hal. 1-6.
- Putri, dkk., "Optimasi Proses Pembuatan Biodiesel Biji Jarak Pagar (*Jatropha Curcas* L.) Melalui Proses Ekstraksi Reaktif". *Teknologi Kimia* 6 no. 12 (2018): hal 16-30.
- Rahim, dkk., "Transesterifikasi In Situ Biji Kelor (*Moringa oleifera* Lam) Menggunakan Polimer Berbahan Dasar Eugenol sebagai Penyangga  $H_2SO_4$ ". *Riset Kimia* 5, no.3 (2019): hal. 263-270.
- Rashid, dkk., "Application Of A Response Surface Methodology To Optimize Translation *Moringa oleifera* oil: Biodiesel production". *Energy Conversion And Management* 52 (2011): hal. 3034-3042.
- Ravi, dkk., "Contemporary approaches to ward saugmentation of distinctive heterogeneous catalyst for sustainable biodiesel production". *Environmental Technology & Innovation* 19. (2020): hal. 1-9.
- Ray, dkk., "Comparison Of Artificial Neural Network (ANN) And Response Surface Methodology (RSM) In Predicting The Compressive And Splitting Tensile Strength Of Concrete Prepared With Glass Waste And Tin (Sn) Can Fiber". *Engineering Sciences* (2021): 1-15.
- Ribeiro, dkk., "Multi-Objective Genetic Algorithm for Variable Selection in Multivariate Classification Problems: A Case Study in Verification of Biodiesel Adulteration". *Procedia Computer Science* 51. (2015): hal. 346-355.
- Rohman dan Maharani. "Sintesis dan Karakterisasi Padatan Silika-Alumina dengan Variasi Suh Kalsinasi sebagai Pendukung Katalis Campuran Oksida Logam Cu/Zn". *Chemistry* 3, no. 2 (2014): hal. 35-39.
- Sahu dan Nayak. "An Adaptive Genetic Algorithm Method For Damage Detection In Structural Elements". *Materials Today: Proceedings*. (2019): hal. 1-5.
- Setiawan dan Irawan. "Kajian Pendekatan Penempatan Ligan pada Protein Menggunakan Algoritma Genetika". *Sains dan Seni ITS* 6, no. 2 (2017): hal. 68-72.
- Setiawan, dkk., "Optimasi Pembatan Biodiesel dari Minyak Biji Jarak Kepyar (*Ricinus commnis* L.) dengan Metode Ekstraksi Reaktif". *Teknologi Kimia Unimal* 6, no. 1 (2017): hal. 45-54.
- Shan, dkk., "Catalysts From Renewable Resources for Biodiesel Production". *Energy Conversion and Management* 178. (2018): hal. 277-289.

- Shihab, M. Quraish. "*Tafsir Al-Misbah: Pesan Kesan dan Keserasian Al-Qur'an*". Jakarta: Lentera Hati, 2002.
- Sisca, Vivi. "Aplikasi Katalis Padat dalam Produksi Biodiesel". *Zarah* 6, no. 1 (2018): hal. 30-38.
- Silva, dkk., "Moringa oleifera Oil: Studies Of Characterization and Biodiesel Productoin". *Biomassa & Bioenergy*. No. 34 (2010): hal. 1527-1530.
- Suryanto, dkk., "Studi Proses Produksi Biodiesel dari Minyak Jarak dengan bantuan Gelombang Suara". *Of Chemical Process Engineering* 3, no.1 (2018): hal. 51-54.
- Timnas Pengembangan BNN. *BBN Bahan Bakar Nabati, Bahan Bakar Alternatif dari Tumbuhan sebagai Pengganti Minyak Bumi dan Gas*. Jakarta: Penebar Swadaya, 2008.
- Tua S, dkk., "Penggunaan Na<sub>2</sub>O/Fly Ash sebagai Katalis pada Tahap Transesterifikasi Minyak Sawit Off-grade Menjadi Biodiesel". *JFTEKNIK* 3, no.1 (2016): hal. 1-8.
- Tupan, dkk., "Optimasi Penempatan Load Break Switch (LBS) pada Penyulang Karpan 2 Ambon menggunakan Metode Algoritma Genetika". *EECCIS* 11, no. 1 (2017): hal. 1-8.
- Wahid dan Mahmudy. "Optimasi Komposisi Makanan untuk Penderita Kolesterol Menggunakan Algoritma Genetika". *Mahasiswa PTIIK Universitas Brawijaya* 5, no. 15 (2015): 1-8.
- Wang, dkk., "A Noise-Suppressing Newton-Raphson Iteration Algorithm For Solving The Time-Varying Lyapunov Equation And Robotic Tracking Problems". *Information Sciences* (2020): hal. 1-26.
- Zaki, dkk., "Transesterifikasi Minyak Biji Buta-Buta menjadi Biodiesel pada Katalis Heterogen Kalsium Oksida (CaO)". *Rekayasa Kimia dan Lingkungan* 14, no.1 (2019): hal. 36-43.
- Zhong, dkk., "The application of ultrasound and microwave to increase oil extraction from Moringa oleifera seed". *Industrial Crops & Products* 120. (2018): hal. 1-10.
- Zulfadli, dkk., "Pembuatan Biodiesel dari Sawit Off Grade Menggunakan Zeolit Alam Teraktivasi sebagai Katalis pada Tahap Transesterifikasi". *JFTEKNIK* 2, no. 1 (2015): hal. 1-10.



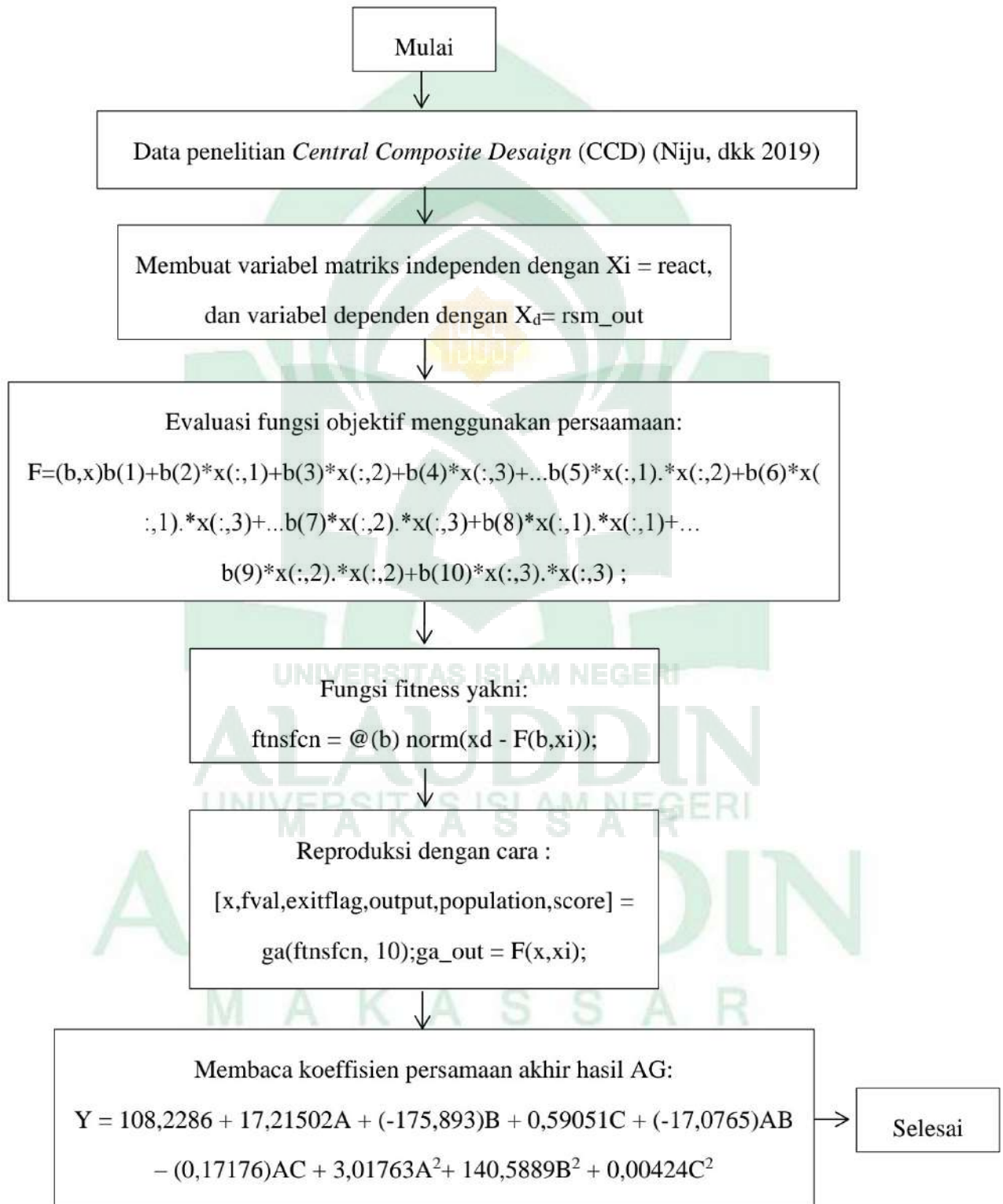
## LAMPIRAN

**Lampiran 1** : Optimasi RSM dapat dilihat pada gambar di bawah ini:





**Lampiran 2 :** Optimasi AG dapat dilihat pada gambar di bawah ini:

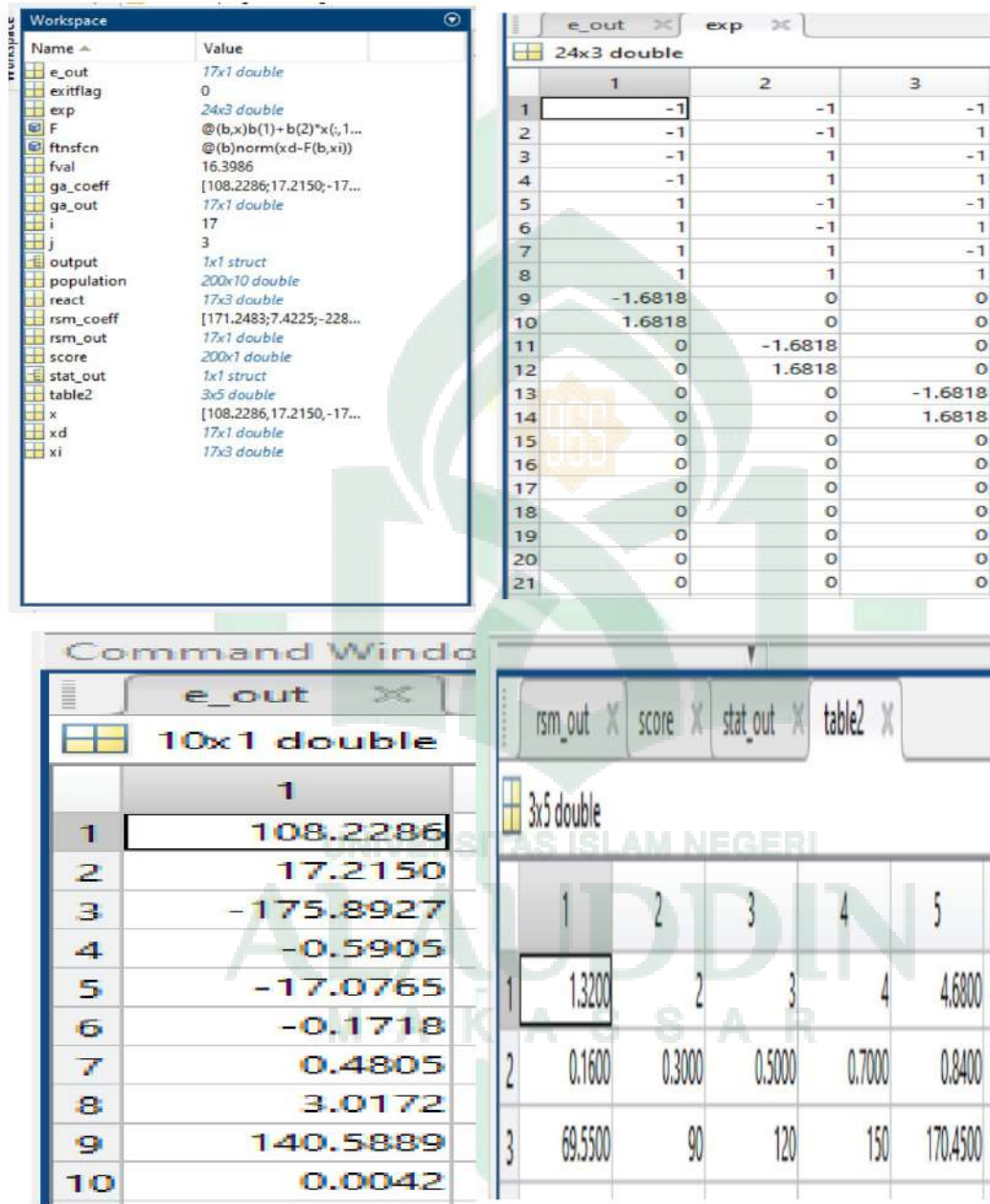


**Lampiran 3:** Data Sekunder Penelitian Niju, dkk., (2019)

**Table 2:** Range and levels of independent variables used for CuO-CaO based transesterification process.

Variables	Symbols	Units	Variable levels				
			- $\alpha$	-1	0	+1	+ $\alpha$
CuO-CaO concentration	A	wt%	1.32	2	3	4	4.68
Methanol to esterified oil ratio	B	(vol/vol)	0.16:1	0.3:1	0.5:1	0.7:1	0.84:1
Reaction time	C	min	69.55	90	120	150	170.45

#### Lampiran 4. Data Output MATLAB





react			
17x3 double			
	1	2	3
1	2	0.3000	90
2	2	0.3000	150
3	2	0.7000	90
4	2	0.7000	150
5	4	0.3000	90
6	4	0.3000	150
7	4	0.7000	90
8	4	0.7000	150
9	1.3200	0.5000	120
10	4.6800	0.5000	120
11	3	0.1600	120
12	3	0.8400	120
13	3	0.5000	69.5500
14	3	0.5000	170.4500
15	3	0.5000	120
16	3	0.5000	120
17	3	0.5000	120

Command Window	
e_out	
10x1 double	
	1
1	108.2286
2	17.2150
3	-175.8927
4	-0.5905
5	-17.0765
6	-0.1718
7	0.4805
8	3.0172
9	140.5889
10	0.0042

e_out x exp x F x ftnsfcn x fval x ga_coeff x ga_out x						
17x1 double						
	1	2	3	4	5	6
1	67.6193					
2	81.2789					
3	57.1334					
4	82.3242					
5	97.0935					
6	90.1424					
7	72.9463					
8	77.5264					
9	63.9531					
10	84.6813					
11	91.8719					
12	72.2353					
13	68.9243					
14	84.2609					
15	65.8016					
16	65.8016					
17	65.8016					

rsm_out x							
17x1 double							
	1	2	3	4	5	6	7
1	71.8228						
2	77.9208						
3	60.6740						
4	77.5379						
5	91.9067						
6	95.1497						
7	68.5338						
8	82.5418						
9	58.3232						
10	79.3870						
11	96.6177						
12	76.4252						
13	69.0402						
14	85.9460						
15	64.4642						
16	64.4642						
17	64.4642						

0 (b) norm(xd-F(b,x1))						
------------------------	--	--	--	--	--	--

0 (b) norm(nd-F(b,x1))							
------------------------	--	--	--	--	--	--	--

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI

ALAUDDIN

MAKASSAR

ALAUDDIN

MAKASSAR

Populasi	Value 1	Value 2	Value 3	Value 4	Value 5
10	108.22859	17.12947	175.89266	-0.59050	-17.17527
20	108.29568	17.12947	175.89266	-0.59050	-17.17527
30	108.22859	16.93538	175.89266	-0.59050	-17.17527
40	108.22859	17.12947	175.89266	-0.59050	-17.17527
50	108.37425	17.12947	175.89266	-0.59050	-16.89100
60	108.22762	17.04039	175.88034	-0.59050	-17.17527
70	108.22859	17.12947	175.89266	-0.59050	-17.17527
80	108.22859	17.12947	175.89266	-0.59050	-16.93725
90	108.35762	17.12947	175.89266	-0.59050	-17.17527
100	108.22859	17.12947	175.89266	-0.60451	-17.17527
110	108.22859	17.12947	175.89266	-0.59050	-17.17527
120	108.19198	17.12947	175.88034	-0.59374	-17.16352
130	108.22859	16.93538	175.89266	-0.60508	-17.17527
140	108.33048	17.12947	175.89266	-0.59050	-16.85299
150	107.93260	16.93538	175.88034	-0.60470	-17.17527
160	108.22859	16.99724	175.89266	-0.61942	-16.79874
170	108.22859	17.12947	175.89266	-0.59050	-17.17527
180	108.22859	16.93538	175.89266	-0.59050	-16.93725
190	108.35762	17.12947	175.81322	-0.59050	-16.89100
200	108.35762	16.93538	175.89266	-0.59050	-16.81083



Populasi	Value 6	Value 7	Value 8	Value 9	Value 10
10	-0.17175	0.48046	3.04383	140.58887	0.00423
20	-0.17175	0.48046	3.04383	140.14667	0.00423
30	-0.17175	0.48046	3.04383	140.58887	0.00423
40	-0.17175	0.48046	3.04383	140.55929	0.00423
50	-0.19793	0.45188	3.04383	140.55929	0.02087
60	-0.17175	0.48046	3.04383	140.58887	0.00423
70	-0.17175	0.48046	3.04383	140.58887	0.00423
80	-0.17175	0.46300	3.06993	140.58887	0.00423
90	-0.17175	0.48046	3.04383	140.58887	0.00423
100	-0.17175	0.48046	3.06915	140.58887	0.00423
110	-0.17175	0.48046	3.04383	140.58887	0.00423
120	-0.17175	0.48046	3.04383	140.58887	0.00423
130	-0.13829	0.50104	3.06184	140.58887	0.00423
140	-0.17175	0.48046	3.00343	140.58887	0.00514
150	-0.19035	0.49014	3.04383	140.55929	0.00423
160	-0.17117	0.47399	3.04383	140.55929	0.03821
170	-0.17175	0.48046	3.04383	140.58887	0.00423
180	-0.17175\	0.48046	3.04383	140.60450	0.13599
190	-0.17175	0.48046	3.04383	140.58887	0.00423
200	-0.17175	0.54046	3.04383	140.58887	0.00423

## Lampiran 5 : Analisis Data konversi biodiesel

### A. RSM

1. 2 % 0,3 v/v 90 menit

$$Y = 171,2483 + 7,422544 * 2 + (-228,483) * 0,3 + (-1,21391) * 90 + (-15,2483) * 0,3 + (-0,02379) * 2 * 90 + 0,448542 * 0,3 * 90 + 1,557506 * 2^2 + 190,8069 * (0,3)^2 + 0,005119 * 90^2 = 71,822787 \%$$

2. 2 % 0,3 v/v 150 menit

$$Y = 171,2483 + 7,422544 * 2 + (-228,483) * 0,3 + (-1,21391) * 150 + (-15,2483) * 0,3 + (-0,02379) * 2 * 150 + 0,448542 * 0,3 * 150 + 1,557506 * 2^2 + 190,8069 * (0,3)^2 + 0,005119 * 150^2 = 77,9208 \%$$

3. 2 % 0,7 v/v 90 menit

$$Y = 171,2483 + 7,422544 * 2 + (-228,483) * 0,7 + (-1,21391) * 90 + (-15,2483) * 0,7 + (-0,02379) * 2 * 90 + 0,448542 * 0,7 * 150 + 1,557506 * 2^2 + 190,8069 * (0,7)^2 + 0,005119 * 90^2 = 60,67488 \%$$

4. 2 % 0,7 v/v 150 menit

$$Y = 171,2483 + 7,422544 * 2 + (-228,483) * 0,7 + (-1,21391) * 150 + (-15,2483) * 0,7 + (-0,02379) * 2 * 150 + 0,448542 *$$

$$0,7 * 150 + 1,557506 * 2^2 + 190,8069 * (0,7)^2 + 0,005119 * 150^2 = 77,53786 \%$$

5. 4 % 0,3 v/v 90 menit

$$\begin{aligned} Y = & 171,2483 + 7,422544 * 4 + (-228,483) * 0,3 + (-1,21391) * \\ & 90 + (-15,2483) * 0,3 + (-0,02379) * 4 * 90 + 0,448542 * \\ & 0,3 * 90 + 1,557506 * 4^2 + 190,8069 * (0,3)^2 + 0,005119 * \\ & 90^2 = 91,90673 \% \end{aligned}$$

6. 4 % 0,3 v/v 150 menit

$$\begin{aligned} Y = & 171,2483 + 7,422544 * 4 + (-228,483) * 0,3 + (-1,21391) * \\ & 150 + (-15,2483) * 0,3 + (-0,02379) * 4 * 150 + 0,448542 * \\ & 0,3 * 150 + 1,557506 * 4^2 + 190,8069 * (0,3)^2 + 0,005119 * \\ & 150^2 = 95,14972 \% \end{aligned}$$

7. 4 % 0,7 v/v 90 menit

$$\begin{aligned} Y = & 171,2483 + 7,422544 * 4 + (-228,483) * 0,7 + (-1,21391) * \\ & 90 + (-15,2483) * 0,7 + (-0,02379) * 4 * 90 + 0,448542 * \\ & 0,7 * 90 + 1,557506 * 4^2 + 190,8069 * (0,7)^2 + 0,005119 * \\ & 90^2 = 68,53379 \% \end{aligned}$$

8. 4 % 0,7 v/v 150 menit

$$\begin{aligned} Y = & 171,2483 + 7,422544 * 4 + (-228,483) * 0,7 + (-1,21391) * \\ & 150 + (-15,2483) * 0,7 + (-0,02379) * 4 * 150 + 0,448542 * \end{aligned}$$



$$0,7 * 150 + 1,557506 * 4^2 + 190,8069 * (0,7)^2 + 0,005119 * 150^2 = 82,54178 \%$$

9. 1% 0,5 v/v 120 menit

$$Y = 171,2483 + 7,422544 * 1 + (-228,483) * 0,5 + (-1,21391) * 120 + (-15,2483) * 0,5 + (-0,02379) * 1 * 120 + 0,448542 * 0,5 * 120 + 1,557506 * 1^2 + 190,8069 * (0,5)^2 + 0,005119 * 120^2 = 58,32318 \%$$

10. 4% 0,5 v/v 120 menit

$$Y = 171,2483 + 7,422544 * 4 + (-228,483) * 0,5 + (-1,21391) * 120 + (-15,2483) * 0,5 + (-0,02379) * 4 * 120 + 0,448542 * 0,5 * 120 + 1,557506 * 4^2 + 190,8069 * (0,5)^2 + 0,005119 * 120^2 = 79,39695 \%$$

11. 3% 0,16 v/v 120 menit

$$Y = 171,2483 + 7,422544 * 3 + (-228,483) * 0,16 + (-1,21391) * 120 + (-15,2483) * 0,16 + (-0,02379) * 3 * 120 + 0,448542 * 0,16 * 120 + 1,557506 * 3^2 + 190,8069 * (0,16)^2 + 0,005119 * 120^2 = 96,61769 \%$$

12. 3% 0,84 v/v 120 menit

$$Y = 171,2483 + 7,422544 * 3 + (-228,483) * 0,84 + (-1,21391) * 120 + (-15,2483) * 0,84 + (-0,02379) * 3 * 120 +$$

$$0,448542 * 0,84 * 120 + 1,557506 * 3^2 + 190,8069 * (0,84)^2 + 0,005119 * 120^2 = 76,42519 \%$$

13. 3% 0,5 v/v 69 menit

$$\begin{aligned} Y = & 171,2483 + 7,422544 * 3 + (-228,483) * 0,5 + (-1,21391) * \\ & 69,55 + (-15,2483) * 0,5 + (-0,02379) * 3 * 69 + 0,448542 * \\ & 0,5 * 69 + 1,557506 * 3^2 + 190,8069 * (0,5)^2 + 0,005119 * \\ & (69)^2 = 69,04018 \% \end{aligned}$$

14. 3% 0,5 v/v 170 menit

$$\begin{aligned} Y = & 171,2483 + 7,422544 * 3 + (-228,483) * 0,5 + (-1,21391) * \\ & 170,45 + (-15,2483) * 0,5 + (-0,02379) * 3 * 170 + \\ & 0,448542 * 0,5 * 170 + 1,557506 * 3^2 + 190,8069 * (0,5)^2 + \\ & 0,005119 * (170)^2 = 85,94595 \% \end{aligned}$$

15. 3% 0,5 v/v 120 menit

$$\begin{aligned} Y = & 171,2483 + 7,422544 * 3 + (-228,483) * 0,5 + (-1,21391) * \\ & 120 + (-15,2483) * 0,5 + (-0,02379) * 3 * 120 + 0,448542 * \\ & 0,5 * 120 + 1,557506 * 3^2 + 190,8069 * (0,5)^2 + 0,005119 * \\ & 120^2 = 64,46416 \% \end{aligned}$$

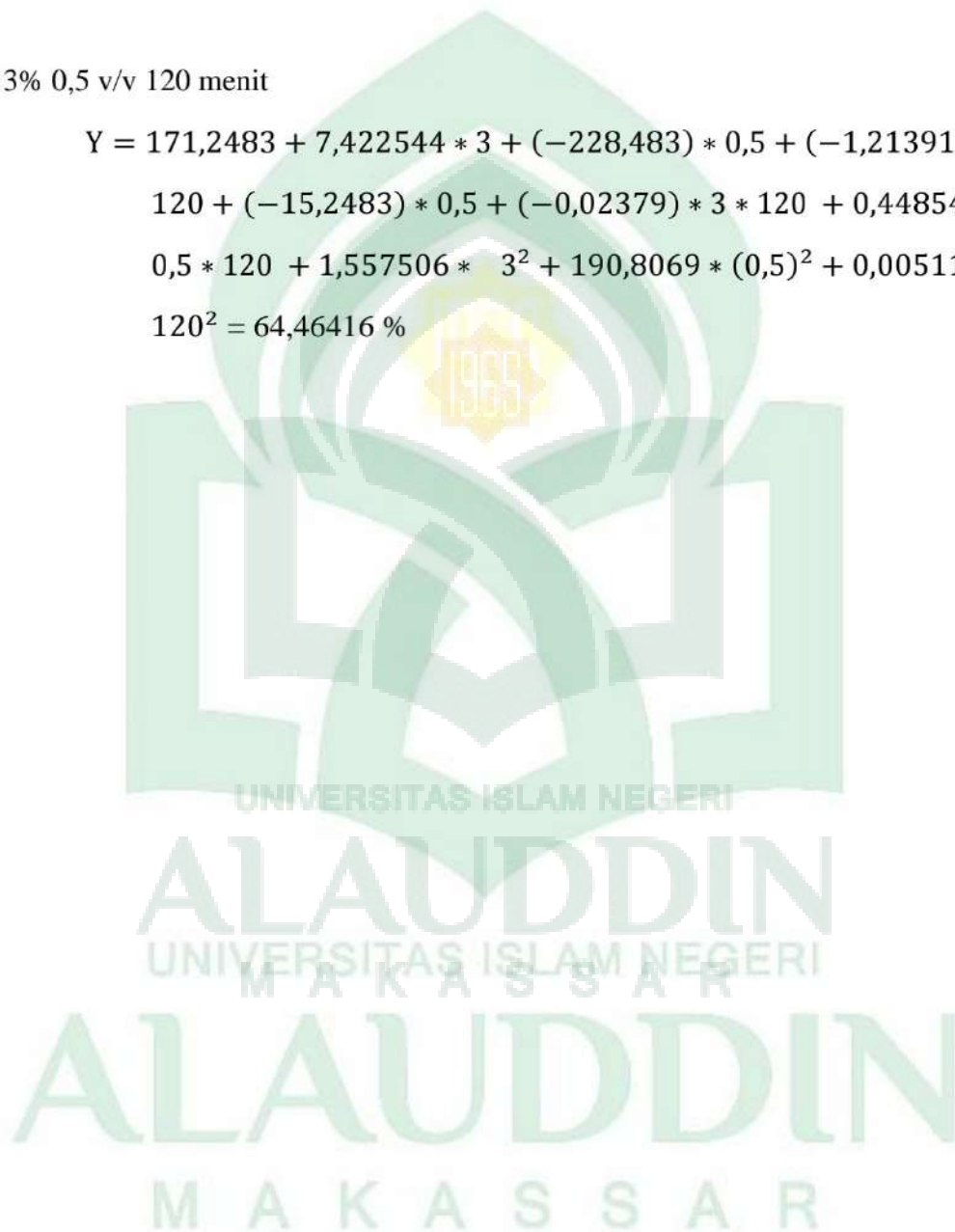
16. 3% 0,5 v/v 120 menit

$$\begin{aligned} Y = & 171,2483 + 7,422544 * 3 + (-228,483) * 0,5 + (-1,21391) * \\ & 120 + (-15,2483) * 0,5 + (-0,02379) * 3 * 120 + 0,448542 * \end{aligned}$$

$$0,5 * 120 + 1,557506 * 3^2 + 190,8069 * (0,5)^2 + 0,005119 * 120^2 = 64,46416 \%$$

17. 3% 0,5 v/v 120 menit

$$\begin{aligned} Y &= 171,2483 + 7,422544 * 3 + (-228,483) * 0,5 + (-1,21391) * \\ &120 + (-15,2483) * 0,5 + (-0,02379) * 3 * 120 + 0,448542 * \\ &0,5 * 120 + 1,557506 * 3^2 + 190,8069 * (0,5)^2 + 0,005119 * \\ &120^2 = 64,46416 \% \end{aligned}$$





**B. AG**

1. 2 % 0,3 v/v 90 menit

$$\begin{aligned} Y &= 108,2286 + 17,21502 * 2 + (-175,893) * 0,3 + 0,59051 * \\ &\quad 90 + (-17,0765)2 * 0,3 + (-0,17176)2 * 90 + 0,48067 * 0,3 * \\ &\quad 90 + 3,01763 * 2^2 + 140,5889(0,3)^2 + 0,00424 * 90^2 \\ &= 67,61934 \% \end{aligned}$$

2. 2 % 0,3 v/v 150 menit

$$\begin{aligned} Y &= 108,2286 + 17,21502 * 2 + (-175,893) * 0,3 + 0,59051 * \\ &\quad 150 + (-17,0765)2 * 0,3 + (-0,17176)2 * 150 + 0,48067 * \\ &\quad 0,3 * 150 + 3,01763 * 2^2 + 140,5889(0,3)^2 + 0,00424 * 150^2 \\ &= 81,27891 \% \end{aligned}$$

3. 2 % 0,7 v/v 90 menit

$$\begin{aligned} Y &= 108,2286 + 17,21502 * 2 + (-175,893) * 0,7 + 0,59051 * \\ &\quad 90 + (-17,0765)2 * 0,7 + (-0,17176)2 * 90 + 0,48067 * 0,7 * \\ &\quad 90 + 3,01763 * 2^2 + 140,5889(0,7)^2 + 0,00424 * 90^2 \\ &= 57,1334 \% \end{aligned}$$

4. 2 % 0,7 v/v 150 menit

$$\begin{aligned} Y &= 108,2286 + 17,21502 * 2 + (-175,893) * 0,7 + 0,59051 * \\ &\quad 150 + (-17,0765)2 * 0,7 + (-0,17176)2 * 150 + 0,48067 * \\ &\quad 0,7 * 150 + 3,01763 * 2^2 + 140,5889(0,7)^2 + 0,00424 * 150^2 \\ &= 82,32418 \% \end{aligned}$$

5. 4 % 0,3 v/v 90 menit

$$\begin{aligned}
 Y &= 108,2286 + 17,21502 * 2 + (-175,893) * 0,3 + 0,59051 * \\
 &\quad 90 + (-17,0765)4 * 0,3 + (-0,17176)4 * 90 + 0,48067 * 0,3 * \\
 &\quad 90 + 3,01763 * 4^2 + 140,5889(0,3)^2 + 0,00424 * 90^2 \\
 &= 97,09346 \%
 \end{aligned}$$

6. 4 % 0,3 v/v 150 menit

$$\begin{aligned}
 Y &= 108,2286 + 17,21502 * 4 + (-175,893) * 0,3 + 0,59051 * \\
 &\quad 150 + (-17,0765)4 * 0,3 + (-0,17176)4 * 150 + 0,48067 * \\
 &\quad 0,3 * 150 + 3,01763 * 4^2 + 140,5889(0,3)^2 + 0,00424 * 150^2 \\
 &= 90,14239 \%
 \end{aligned}$$

8. 4 % 0,7 v/v 150 menit

$$\begin{aligned}
 Y &= 108,2286 + 17,21502 * 4 + (-175,893) * 0,7 + 0,59051 * \\
 &\quad 150 + (-17,0765)4 * 0,7 + (-0,17176)4 * 150 + 0,48067 * \\
 &\quad 0,7 * 150 + 3,01763 * 4^2 + 140,5889(0,7)^2 + 0,00424 * 150^2 \\
 &= 77,52644 \%
 \end{aligned}$$

9. 1% 0,5 v/v 120 menit

$$\begin{aligned}
 Y &= 108,2286 + 17,21502 * 1 + (-175,893) * 0,5 + 0,59051 * \\
 &\quad 120 + (-17,0765)1,32 * 0,5 + (-0,17176)1 * 120 + \\
 &\quad 0,48067 * 0,5 * 120 + 3,01763 * (1)^2 + 140,5889(0,5)^2 + \\
 &\quad 0,00424 * 120^2 \\
 &= 63,95312 \%
 \end{aligned}$$

10. 4% 0,5 v/v 120 menit

$$\begin{aligned}
 Y &= 108,2286 + 17,21502 * 4 + (-175,893) * 0,5 + 0,59051 * \\
 &\quad 120 + (-17,0765)4 * 0,5 + (-0,17176)4 * 120 + 0,48067 * \\
 &\quad 0,5 * 120 + 3,01763 * (4)^2 + 140,5889(0,5)^2 + 0,00424 * \\
 &\quad 120^2 \\
 &= 72,23533 \%
 \end{aligned}$$

11. 3% 0,1 v/v 120 menit

$$\begin{aligned}
 Y &= 108,2286 + 17,21502 * 3 + (-175,893) * 0,1 + 0,59051 * \\
 &\quad 120 + (-17,0765)3 * 0,1 + (-0,17176)3 * 120 + 0,48067 * \\
 &\quad 0,16 * 120 + 3,01763 * 3^2 + 140,5889(0,1)^2 + 0,00424 * \\
 &\quad 120^2 \\
 &= 91,87194 \%
 \end{aligned}$$

12. 3% 0,8 v/v 120 menit

$$\begin{aligned}
 Y &= 108,2286 + 17,21502 * 3 + (-175,893) * 0,8 + 0,59051 * \\
 &\quad 120 + (-17,0765)3 * 0,8 + (-0,17176)3 * 120 + 0,48067 * \\
 &\quad 0,8 * 120 + 3,01763 * 3^2 + 140,5889(0,8)^2 + 0,00424 * 120^2 \\
 &= 91,87194 \%
 \end{aligned}$$

13. 3% 0,5 v/v 69 menit



$$\begin{aligned}
 Y &= 108,2286 + 17,21502 * 3 + (-175,893) * 0,5 + 0,59051 * \\
 &\quad 69 + (-17,0765)3 * 0,5 + (-0,17176)3 * 69 + 0,48067 * 0,5 * \\
 &\quad 69 + 3,01763 * 3^2 + 140,5889(0,5)^2 + 0,00424 * (69)^2 \\
 &= 68,9243 \%
 \end{aligned}$$

14. 3% 0,5 v/v 170 menit

$$\begin{aligned}
 Y &= 108,2286 + 17,21502 * 3 + (-175,893) * 0,5 + 0,59051 * \\
 &\quad 170 + (-17,0765)3 * 0,5 + (-0,17176)3 * 69,55 + 0,48067 * \\
 &\quad 0,5 * 170 + 3,01763 * 3^2 + 140,5889(0,5)^2 + 0,00424 * \\
 &\quad (170)^2 \\
 &= 84,26086 \%
 \end{aligned}$$

15. 3% 0,5 v/v 120 menit

$$\begin{aligned}
 Y &= 108,2286 + 17,21502 * 3 + (-175,893) * 0,5 + 0,59051 * \\
 &\quad 120 + (-17,0765)3 * 0,5 + (-0,17176)3 * 120 + 0,48067 * \\
 &\quad 0,5 * 120 + 3,01763 * 3^2 + 140,5889(0,5)^2 + 0,00424 * 120^2 \\
 &= 65,80156 \%
 \end{aligned}$$

16. 3% 0,5 v/v 120 menit

$$\begin{aligned}
 Y &= 108,2286 + 17,21502 * 3 + (-175,893) * 0,5 + 0,59051 * \\
 &\quad 120 + (-17,0765)3 * 0,5 + (-0,17176)3 * 120 + 0,48067 * \\
 &\quad 0,5 * 120 + 3,01763 * 3^2 + 140,5889(0,5)^2 + 0,00424 * 120^2 \\
 &= 65,80156 \%
 \end{aligned}$$

17. 3% 0,5 v/v 120 menit

$$\begin{aligned}
 Y &= 108,2286 + 17,21502 * 3 + (-175,893) * 0,5 + 0,59051 * \\
 &\quad 120 + (-17,0765)3 * 0,5 + (-0,17176)3 * 120 + 0,48067 * \\
 &\quad 0,5 * 120 + 3,01763 * 3^2 + 140,5889(0,5)^2 + 0,00424 * 120^2 \\
 &= 65,80156 \%
 \end{aligned}$$



### Lampiran 6: Sintaksitas (koding) RSM dan AG

```

clc; clear; close all;
%%%%%% RSM
% plan the experiment
exp = ccdesign(3, 'type', 'circumscribed');

table2 = [1.32  2    3    4    4.68
          0.16   0.3  0.5  0.7  0.84
          69.55  90   120  150 170.45]cri; % sesuai dengan table 2 pada
jurnal

% Experiment design (pembentukan table 5)
react = zeros(size(exp));
for i = 1:size(exp,1)
    for j = 1:size(exp,2)
        if exp(i,j)<-1
            react(i,j) = table2(j,1);
        elseif exp(i,j)==-1
            react(i,j) = table2(j,2);
        elseif exp(i,j)==0
            react(i,j) = table2(j,3);
        elseif exp(i,j)==1
            react(i,j) = table2(j,4);
        elseif exp(i,j)>1
            react(i,j) = table2(j,5);
        end
    end
end

e_out = [74.23
        78.66
        62.11
        77.19
        93.68
        95.14
        69.22
        81.56
        56.49
        79.21
        94.42
        76.65
        65.98
        86.99
        64.53
        65.22
        63.95]; % experimental output diambil dari table 5 pada jurnal

```



```

react = react(1:17,:); % diambil 17 data sesuai dengan table 5 pada
jurnal

% generate the theoretical model
stat_out = regstats(e_out,react,'quadratic');

% persamaan akhir
rsm_out = zeros(size(e_out));
for i = 1:size(react,1)
    rsm_out(i) = stat_out.beta(1) + stat_out.beta(2) * react (i,1) +
    ...
    stat_out.beta(3) * react (i,2) + stat_out.beta(4) * react
(i,3) + ...
    stat_out.beta(5) * react (i,1) * react (i,2) + ...
    stat_out.beta(6) * react (i,1) * react (i,3) + ...
    stat_out.beta(7) * react (i,2) * react (i,3) + ...
    stat_out.beta(8) * (react (i,1)).^2 + ...
    stat_out.beta(9) * (react (i,2)).^2 + ...
    stat_out.beta(10) * (react (i,3)).^2;
end

% membaca koefisien persamaan akhir hasil rsm
rsm_coeff = stat_out.beta;

% menampilkan plot regresi hasil rsm
figure,
plotregression(e_out,rsm_out,'RSM')

%%%% Algoritma Genetika
xi = react; % Create
Independent Variable Matrix
xd = rsm_out; % Create
Dependent Variable
F = @(b,x) b(1)+b(2)*x(:,1)+b(3)*x(:,2)+b(4)*x(:,3)+...
    b(5)*x(:,1).*x(:,2)+b(6)*x(:,1).*x(:,3)+...
    b(7)*x(:,2).*x(:,3)+b(8)*x(:,1).*x(:,1)+...
    b(9)*x(:,2).*x(:,2)+b(10)*x(:,3).*x(:,3) ; % Objective
Function
ftnsfcn = @(b) norm(xd - F(b,xi)); % Fitness
Function

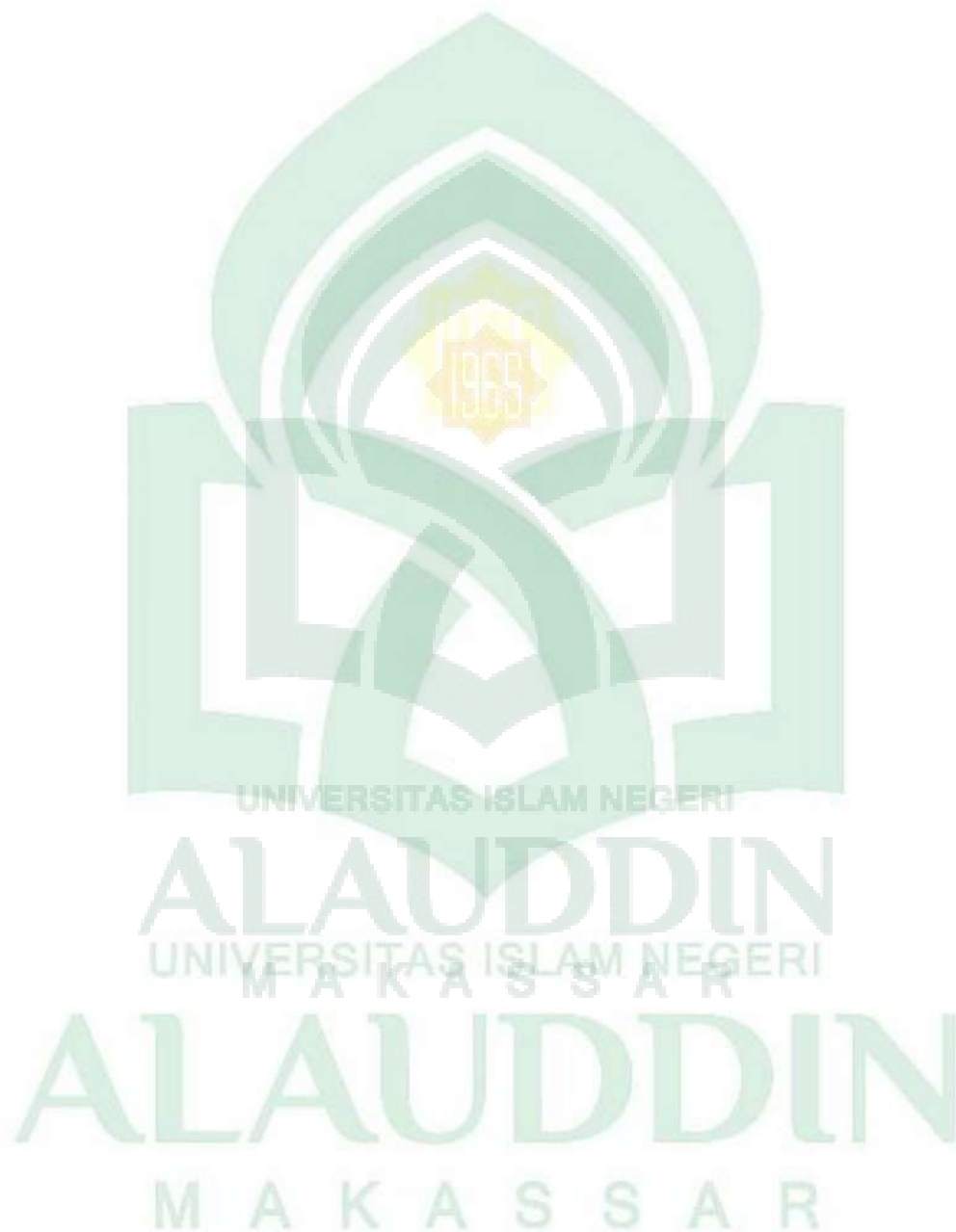
rng(84,'twister') % for
reproducibility
[x,fval,exitflag,output,population,score] = ga(ftnsfcn, 10);
ga_out = F(x,xi);

% membaca koefisien persamaan akhir hasil ga
ga_coeff = x';

% menampilkan plot regresi hasil ga

```

```
figure ;  
plotregression(e_out,ga_out,'Genetic Algorithm');
```



## RIWAYAT HIDUP



Karminingsih, lahir pada tanggal 8 juni 1999. Karmi sapaan akrabnya merupakan putri keempat dari empat bersaudari dari pasangan Ahmad dan Ida Royani yang berasal dari Bima Nusa Tenggara Barat (NTB). Penulis merupakan alumni dari SDN Inpres Monta, SMPN 4 Monta, SMAN 1 WOHA dan melanjutkan jenjang pendidikan tertinggi di UIN Alauddin Makassar pada Jurusan Kimia Fakultas Sains dan Teknologi angkatan 2017. Motto hidup penulis adalah “Bersyukur atas nikmat, sabar akan musibah serta ikhlas dalam takwa”

